THE SEA Around Us





دار زحمة كُتّاب للثّقافة والنّشر

رئيس مجلس الإدارة

د. منة الله رأفت

البحر من حولنا

د. راشيل كارسون

ترجمة وتقديم: محمد مصطفى الساكت

هذه ترجمة كاملة لكتاب:

The Sea Around Us

الصادر عن:

New York, Oxford University Press, 1965

الطبعة الأولى: دار زحمة كُتَّاب للثقافة والنشر ٢٠٢٢

١٥ ش السباق – مول المريلاند – مصر الجديدة – القاهرة

٤ ش بديع خيري متفرع من ميدان الحجاز – مصر الجديدة

الرمز البريدي: ١١٧٥٧

أرقام الهاتف:

٠٠٢٠١١٠٠٦٦٢٥٩٥ / ٠٠٢٠١٢٠٥١٠٠٥٩٦

E-mail: za7ma.kotab@gmail.com

تنمية مستدامة في الأحياء البَحريّة

رقم الإيداع:

19628/ 2022

الترقيم الدولي:

978-977-835-318-1

الإخراج الفني

محمد مصطفى الساكت

البحر من حولنا

راشيل كارسون

ترجمة وتقديم

محمد مصطفى الساكت



2022



تقديم المترجم

امرأة هادئة، لكن كتابها ذو صوت

راشيل كارسون Rachel Carson، العالِمة الخجولة والمتواضعة، والموظفة الحكومية سابقًا، لم تكن تبدو أنها مرشحة محتملة لِئَن تصبح أكثر النساء تأثيرًا في الولايات المتحدة الأمريكية في العصر الحديث. لكن كان لديها شغفان رافقاها طوال حياتها، وهما: حب الطبيعة وحب الكتابة، مما دفعها في عام ١٩٦٢ إلى نشر كتابها الأول (الربيع الصامت)، الكتاب الذي أيقظ الوعي البيئي لدى الجمهور الأميركي، وأدى إلى جهد قومي لم يسبق له مثيل لحماية العالم الطبيعي من التدمير الذي تلحقه المواد الكيميائية.

ولكونها عالِمة متدربة، وَثَّقَتْ كارسون بدقة كبيرة استنتاجاتها حول المخاطر الطويلة الأمد للمبيدات. وبكونها كاتبة ماهرة، أبلغت هذه الأخطار بلغة يمكن للقارئ العادي أن يفهمها دون تعقيدات عِلمية.

البحر من حولنا

هو الكتاب الثاني من سلسلة الكتب البحرية الأربعة التي أَلَّفتها راشيل كارسون حول عالَم البحار سنة ١٩٥١، ووصف العمليات التي شكَّلتْ الأرض والمحيطات. وهو أكثر الكتب مبيعًا، وحقق لها احترامًا وتقديرًا في سائر أنحاء العالم.

يتناول باستفاضة طبيعة الحياة في المحيط. ولم يكن الكتاب الأول وعنوانه Under The Sea Wind أو (في مهب رياح البحر) (١٩٤١) قد لقي رواجًا إلا ضمن أوساط معينة، بخلاف (The Sea Around Us) الذي أحدث إصداره ضجة كبيرة، وبسببه اشتهرت كارسون والتفتت نحوها الأنظار. وبفضل أسلوبه الشعري الذي يجمع بين المعلومات العلمية والإحساس بالروعة والجمال، تغيرت نظرة الرأي العام إلى علم الأحياء البحرية.

أُنْتِجَ في عام ١٩٥٣ فيلمًا وثائقيًّا مقتبس من كتاب (The Sea Around Us) (البحر من حولنا) الذي ألفته كارسون، وحصد جائزة "الأوسكار" كأفضل فيلم وثائقي.

فاز كتابها الثاني The Sea Around Us بجوائز الكتاب الوطنية ضمن فئة الكتب غير القصصية في عام ١٩٥٢. أصدر المنتج والمخرج جين ألين فيلم وثائقي مقتبس عن هذا الكتاب، وفاز هذا الفيلم بجائزة الأوسكار لأفضل فيلم وثائقي في عام ١٩٥٣. كرَّمها الرئيس الأمريكي الأسبق جيمي كارتر بعد وفاتها بوسام (الحرية الرئاسي). كانت تجمعها صداقة قوية مع الكاتبة Dorothy Freeman وقد استمرت صداقتهما مدى الحياة.

مَن هي راشيل كارسون؟

عالِمة أحياء بحرية وكاتبة عِلمية أمريكية، وُلِدَتْ في ٢٧ مايو ١٩٠٧، بولاية بنسلفانيا الأمريكية. التحقت كارسون بمدرسة سبرينغديل الصغيرة حتى الصف العاشر، وأكملت دراستها الثانوية في مدرسة بارناسوس في بنسلفانيا. اهتمت أيضًا بالمجال الرياضي في المدرسة الثانوية وشاركت في فريق الهوكي وكرة السلة. تخرجت في المدرسة عام ١٩٢٥، واحتلت المرتبة الأولى على صفها المكون من خمسة وأربعين طالبًا. التحقت كارسون بكلية بنسلفانيا للبنات (المعروفة اليوم باسم جامعة تشاتام) في قسم اللغة الإنجليزية، لكنها حولت تخصصها إلى علم الأحياء في يناير في عام ١٩٢٨، ولكنها استمرت في المساهمة في صحيفة الطلاب بالمدرسة والملحق الأدبي. قُبلت كارسون لإكمال مرحلة الدراسات العليا في جامعة جونز هوبكنز في عام ١٩٢٨، ولكنها اضطرت للبقاء في كلية بنسلفانيا للبنات للسنة الدراسية العليا بسبب الصعوبات المالية، وتخرجت بامتياز مع مرتبة الشرف في عام ١٩٢٩. شاركت كارسون في دورة صيفية في مختبر الأحياء البحرية، وأكملت دراساتها في علم الحيوان وعلم الوراثة في جامعة جونز هوبكنز في خريف عام ١٩٢٩. عملت كارسون بدوام جزئي كمساعدة في مختبر

ريموند بيرل بعد عامها الأول في مرحلة الدراسات العليا حيث عملت مع الفئران وحشرات دروسوفيلا لكسب المال من أجل التعليم. عملت كارسون مع الأفاعي والسناجب، وأكملت مشروع أطروحتها حول التطور الجنيني للسمك. حصلت بعدها على درجة الماجستير في علم الحيوان في حزيران/ يونيو عام ١٩٣٢.

كانت كارسون تنوي الاستمرار في الحصول على درجة الدكتوراه، لكنها أُجبرت في عام ١٩٣٤ على ترك الجامعة للبحث عن وظيفة تدريسية بدوام كامل للمساعدة لإعالة أسرتها خلال فترة أزمة الكساد الكبير. توفي والد كارسون فجأة في عام ١٩٣٥، وتفاقم وضعهم المالي السيئ وبقت هي لرعاية والدتها المسنة.

أَلَّفَتْ العديد من الكتب التي تعكس اهتمامها بالحياة في البحار والسواحل. ولفتَ كتابها (الربيع الصامت) عام ١٩٦٢ انتباه الرأي العام الأمريكي والأوروبي إلى الاستخدام الضار والمدمر لمبيدات الآفات، والذي قابلته شركات المواد الكيماوية بمعارضة شديدة؛ لأنه يؤثر على تجارة المواد الكيماوية سلبًا، لكنه أدى إلى تغيير أسلوب تعامل السياسات الوطنية مع المبيدات الحشرية.

استراتيجية الترجمة إلى العربية

يصادفُ القارئُ الكريمُ أنني لم ألتزم بجزء معين مما رتَّبَتْه المؤلفة في كتابها الإنجليزي، وهو أنها نوَّهتْ في تصديرها للكتاب الإنجليزي أنها قالت: (وصفتُ أهم النتائج الجديدة في سلسلة من الحواشي التي ستُوجَد في الملحق. وهذه الحواشي مرتبطة بالفقرات كما جاءت في النص الأصلي بأرقام مرجعية. فعلى سبيل المثال: بعد الانتهاء من البحث عن المحيط المتجمد الشمالي في الصفحة رقم ٦٣، يمكن للقارئ أن يستأنف القراءة عن الاستكشافات الحديثة والتعرف إليها من خلال الانتقال إلى الحاشية رقم ١٠ في الملحق).

فوجدتُ أن ذلك قد يصعب على القارئ العربي قليلًا أن ألتزم بتذييل الحواشي في ملحقٍ بنهاية الكتاب العربي، لذلك وجدتُ أنه من السهل أن تكون كل حاشية من الحواشي في نفس الصفحة، مما يُسَهِّل الأمر على القارئ، وحتى لا تُجبره الحواشي على أن يطوي الصفحة التي يقرأها، ثم ينتقل إلى نهاية الكتاب لقراءة الحاشية.

وعلى ذلك؛ كتبتُ في هوامش الصفحات هذا الاختصار: (**ح. م**)، اختصارًا لـ (حاشية المؤلفة)، وذلك ليتباين عن الهوامش التي كتبتُها لتوضيح بعض الكلمات والأمور التي قد تصعب على القارئ فَهمها، أو شرحها بأسلوب بسيط جدًّا.



Email: muhammadalsaket89@gmail.com



تصدير المؤلفة للطبعة المُنَقَّحَة

دائمًا ما يتحدى البحرُ عقولَ البشرِ وتصوراتِهم، وإلى اليوم فإنه يظل آخر ما انتهى إليه العلم والبحث لهذا الجزء العظيم من الأرض. إنه عالَم البحار! فهو عبارة عن مملكة شاسعة يصعُب الوصول إليها، والوصول إليها معقد للغاية، هذا مع كافة جهودنا ومساعينا للوصول إليه، إلَّا أننا أمطنا اللثام عن جزءٍ بسيطٍ فقط في عالَم البحار. ورغم كل هذه التطورات التكنولوجية لهذا العصر (العصر الذري)، فإنها لم تُحْدِثْ تغييرًا عظيمًا لهذا الوضع. وجاءت النهضة الفعلية للاهتمام باستكشاف ما في البحر أثناء الحرب العالمية الثانية، عندما بات واضح لنا أن معرفتنا لما في المحيط كانت غير كافية تمامًا على نحوٍ يُنبئ بالخطر. فلم يكن لدينا سوى المفاهيم الأكثر بدائيةً عن جغرافيا ذلك العالَم؛ عالَم ما تحت البحار، وهو العالَم الذي أبحرتْ فيه سفننا، وتحركت فيه غواصاتنا. إننا نعرف القليل فقط عن ديناميكيات البحر أثناء الحركة، مع أن لدينا القدرة على التنبؤ بأفعال المد والجذر، والتي من خلالها نستطيع تحديد نجاح المهام العسكرية أو إخفاقها. فإن الحاجة العملية لذلك باتت واضحة تمامًا، مما دفع حكومات الولايات المتحدة الأمريكية، وغيرها من السلطات البَحْرِيَّة الرائدة، في البدء بتكريس جهودهم المكثفة للدراسة العِلمية للبحار. كما أن معظم الأدوات والتجهيزات والمعدات – التي وُلِدَتْ جميعها من الحاجة الماسَّة لها – استطاع من خلالها الأوقيانوغرافيون [(1)] معرفة الوسائل لتقفي أثر ملامح قاع المحيطات، ودراسة الحركات في أعماق المياه، وكذلك أخذ عينات من قاع البحر نفسه.

وسرعان ما بدأت هذه الدراسات المتسارعة – إلى حد كبير – في إظهار أن العديد من التصورات والمفاهيم القديمة عن البحر كانت خاطئة، وبحلول منتصف هذا القرن، بدأت

([1]) علماء المحيطات.

صورة جديدة عن البحر في الظهور. ولكن تظل هذه الصورة مثل قطعة قماش كبيرة، مما يُوجِب على الفنانِ أن يُظْهِرَ رسمته العامة لتصميمه العظيم، إلا أن الأجزاء الفارغة عليها أن تنتظر لمسة توضيح من فرشاة الفنان.

كان هذه هي الحالة لمعرفتنا لعالَمَ المحيطات عندما أُلِّفَ كتاب (البحر من حولنا) في سنة ١٩٥١م. ومنذ ذلك الوقت، مُلِيَتْ العديد من الأجزاء الفارغة، ومؤخرًا اِسْتُحْدِثَتْ اكتشافات أخرى. ففي هذا الإصدار الثاني للكتاب، وصفتُ أهم النتائج الجديدة في سلسلة من الحواشي التي ستُوجَد في الملحق. وهذه الحواشي مرتبطة بالفقرات كما جاءت في النص الأصلي بأرقام مرجعية. فعلى سبيل المثال: بعد الانتهاء من البحث عن المحيط المتجمد الشمالي في الصفحة رقم ٦٣، يمكن للقارئ أن يستأنف القراءة عن الاستكشافات الحديثة والتعرف إليها من خلال الانتقال إلى الحاشية رقم ١٠ في الملحق. كانت فترة خمسينيات القرن الماضي عقدًا مثيرًا في عالم البحار، وفي هذه الفترة، نزلتْ مركبة مأهولة إلى أعمق نقطة في قعر المحيط، حيث عبرتْ حوض المحيط الشمالي بأكمله باستخدام الغواصات التي تسير تحت الجليد. كما وصفتُ العديد من الملامح الجديدة لقاع البحار غير المنظور، ويشمل ذلك سلاسل الجبال الجديدة التي تظهر أنها ترتبط بسلسلة أخرى لتُشَكِّل أطول وأقوى جبال الأرض – سلسلة مُتَسَلْسِلَة تحيط بالكرة الأرضية. واِسْتُكْشِفَتْ أنهارًا عميقة ومطوية في ثنايا البحار، وقنوات مياه جوفية تُقَدّرُ بحجم ولاية مسيسيبي الأمريكية ألف مرة. وإبان السنة الجيوفيزيائية الدُّوَلِيَّة، تعاونتْ ٦٠ سفينة من ٤٠ دولة، بالإضافة إلى مئاتِ المحطاتِ على الجزر والسواحل البَحْرِيَّة، في دراسة مثمرة للغاية عن عالم البحار.

ومع ذلك، ورغم الإنجازات الحالية المثيرة، فجيب أن يُنْظَرَ إليها كبداية لِمَا لَمَّا يتحقق من استكشاف للأعماق السحيقة للبحار التي تغطي معظم سطح الكرة الأرضية. وفي عام

١٩٥٩م، أعلن فريق من العلماء البارزين التابعين لهيئة علم المحيطات بالأكاديمية الوطنية للعلوم أن: (معرفة الإنسان بالمحيطات هي معرفة هشَّة وهزيلة مقارنةً بأهميتها بالنسبة له). وأوصتْ الهيئة بأنه على الولايات المتحدة الأمريكية أن تُضَاعِف الأبحاث الأساسية – على الأقل – حول عالم البحار في الستينيات، وأي شيء أقل من ذلك – حسب تقديرها –: (يُعَرِّضُ مكانة علم البحار للخطر في الولايات المتحدة)، وذلك مقارنةً بالأمم الأخرى: (ويلقي بنا في مساوئ الاستخدام المستقبلي لموارد البحار).

إن أحد أكثر المشاريع الرائعة المُخَطَّط لها – في المستقبل – هو محاولة استكشاف باطن الأرض عن طريق حفر حفرة على عمق ثلاثة أو أربعة أميال في قاع البحر. وقد صُمِّمَ هذا المشروع – الذي ترعاه الأكاديمية الوطنية للعلوم – ليكون له القدرة على الوصول إلى ما هو أبعد مما وصلتْ إليه الأجهزة من قبل؛ أي إلى الوصول إلى الحد الفاصل بين القشرة الأرضية ووشاحِها. يُعَرِّفُ الجيولوجيون هذه الحدود باسم (انقطاع موهوروفيتشيك)، أو بالمصطلح الأكثر شيوعًا (انقطاع الموهو)؛ وذلك لأن مُكْتَشِفَها هو أندريا موهوروفيتشيك، يوغوسلافي الجنسية، في عام ١٩١٢م. وانقطاع الموهو هو الذي يظهر عنده موجات الزلزال تغيرًا ملحوظًا في السرعة، مما يشير إلى الانتقال من نوع واحد من المادة إلى شيء مختلف تمامًا. فهو يقع على عمق أكبر تحت القارات منه تحت المحيطات، لذلك؛ مع أن الصعوبات الواضحة المتعلقة بالحفر في المياه العميقة، فإن موقع المحيطات يُنبئ عن آمالٍ واعدةٍ. وتوجد القشرة الأرضية فوق انقطاع الموهو، وهذه القشرة تتكون من صخور خفيفة نسبيًّا، وأسفلها طبقة الوشاح: وهي طبقة يبلغ سُمكها حوالي ١٨٠٠ ميل تحيط باللب الساخن للأرض. وغير معروف تمامًا تركيب القشرة الأرضية وتكوينها، ولا يمكن استنتاج طبيعتها إلا بأكثر الطرق غير المباشرة. وللوصول إلى هذه المناطق واستعادة العينات الفعلية، ستكون – بالتالي – خطوة تقدمية هائلة

إلى الأمام في فَهم طبيعة أرضنا؛ بل – ومن شأنه – أن يُعَزِّزَ معرفتنا بالكون، حيث يمكن افتراض أن البنية العميقة للأرض تشبه تلك الموجودة في الكواكب الأخرى.

ومع تعلمنا المزيد عن عالم البحار من خلال الدراسات المشتركة للعديد من المتخصصين، فإنه من شبه المؤكد أنه سيُعَزَّزُ مفهوم جديد يتشكل تدريجيًّا. وحتى قبل عقد من الزمن، أو نحو ذلك، كان من المعتاد أن يتحدث الناس عن أعماق البحار والمحيطات كما لو كانت رمزًا للهدوء الأبدي، حيث لم تُزْعِجْ حركةُ الماءِ – أكثر نشاطًا من تيار الماء الزاحف البطيء – الخبايَا السوداءَ، وهو مكان معزول عن السطح، بل ومنعزل عن عالَم مختلف جدًّا للبحر الضحل. وسرعان ما تُسْتَبْدَلُ صورة أخرى بهذه الصورة يظهر فيها أعماق البحار كمكان للحركة والتغيير، وهو رأي مثير بما فيه الكفاية، ويختبأ في طياته دلالة معقدة لبعض المشكلات الأكثر إلحاحًا في عصرنا.

ففي المفهوم الحديث الديناميكي، يُشَكَّلُ قاع البحار من خلال تيارات العكر المتلاحقة أو الانسيابيات الطينية التي تصبُّ على انحدارات أحواض المحيط بسرعةٍ عاليةٍ، حيث يغشاها الانزلاقات الأرضية التي تُحدثها الغواصات، ويُحَرِّكُها المد والجزر الداخلي. وقد جُرِّفَتْ قمم بعض الجبال وحوافها الجبلية الواقعة تحت سطح البحار من الرواسب، وذلك بفِعل التيارات التي يشبه تأثيرها، على حد تعبير الجيولوجي الأمريكي بروس تشارلز هيزن: (الانهيارات الجليدية على جبال الألب هي التي تجتاح تضاريس المنحدرات السفلية وتُخفيها).

وبصرف النظر عن كونها بعيدة ومعزولة عن القارات والبحار الضحلة التي تحيط بها، فمن المعلوم الآن أن السهول البَحْريَّة السحيقة جدًّا تتلقى الرواسب من جوانب القارات. ومن تأثير تيارات العكر – على مدى فترات طويلة من الزمن الجيولوجي – يعمل على ملئ الهِواء

وتجاويف الأرض العميقة بالرواسب. ويساعدنا هذا المفهوم على إدراك بعض الوقائع المحيرة حتى الآن. فعلى سبيل المثال: لماذا تتكون رواسب من الرمال – وهي بالتأكيد – ناتجة عن تآكل السواحل، وكذلك ظهور لشحذ زبد أمواج الشاطئ في قاع وسط المحيط؟ ولماذا عُثِرَ على رواسب عند أفواه الأخاديد الغائصة (خوانق تحت البحار) – حيث تتصل بالقاع – والتي تحتوي على بقايا من الأرض، مثل: قطع من الخشب، وأوراق الأشجار؟ ولماذا توجد رمال تحتوي على جوز الهند، ولحاء الأشجار وأغصانه، وخلاف ذلك، في السهول البَحْرِيَّة السحيقة؟ وأثناء الاندفاع القوي للتيارات المحملة بالرواسب – والتي تُحدثها العواصف أو الفيضانات أو الزلازل – فإننا الآن نمتلك آلية تُفَسِّرُ هذه الحقائق التي كانت غامضة في يوم من الأيام.

ومع أن بواكير مفهومنا حول البحر الديناميكي – ربما – تعود إلى عدة عقود، إلا أن الأدوات الحديثة المُبْدِعَة – خلال السنوات العشر المنصرمة – هي التي سمحت لنا بإلقاء نظرة سريعة على الحركات الخفية لمياه المحيط. ونحن في شكٍّ أن كل تلك المناطق المظلمة التي بين السطح والقاع قد يدفعها التيارات وتحركها. وحتى أن التيارات السطحية القوية، مثل: تيار الخليج الدافئ، ليست تمامًا كما افترضنا أن تكون. وبدلًا من نهر واسع متدفق باسمرار بالمياه، تبيَّنَ أن تيار الخليج الدافئ يتكون من ألسنة ضيقة ومتلاحقة من الماء الدافئ الذي يموج فوق بعضه في دوامات وتيارات معاكسة. وتحت السطح توجد تيارات أخرى مختلفة، تنساب بسرعاتها، ولها اتجاه خاص بها، وبكمياتها الخاصة. وكذلك يوجد تحت هذه التيارات تيارات أخرى. والتُقِطَتْ صورًا فوتوغرافيَّةً لقاع البحر على أعماقٍ كبيرةٍ، والتي كان من المفترض – في السابق – أن تظل دومًا تظهر علامات النيم، وهي علامة على أن المياه المتحركة تفرز الرواسب وتحمل الجسيمات الدقيقة. وقد أدتْ التيارات القوية إلى تعرية قمة مجموعة كبيرة من الجبال الواقعة تحت سطح البحار، والمعروفة بـ(حَيْد المحيط الأطلنطي)، والتُقِطَتْ صورًا فوتوغرافيَّةً

لكل جبل من هذه الجبال البَحْريَّة للكشف عن عمل التيارات العميقة في علامات النيم وعلامات التجريف.

وتقدم صور جديدة الدليل على وجود حياة في الأعماق السحيقة. فتعبر العبَّارات قاع البحار، والقاع مُرَصَّعٌ بمخاريط صغيرة مبنية بأشكال مجهولة فيما يتعلق بما يحيا فيها، أو ما يحفر فيها جحورًا وغرفًا صغيرة ليسكنها. وقد أحضرتْ السفينة الدنماركية (جالاتيا) حيوانات حية باستخدام الجرافات البحرية، واعتنتْ بتربيتها، حيث كان من المفترض في الآونة الأخيرة أن تكون الحياة غير مناسبة صحيًّا للسماح بمثل هذه العينات من الحيوانات البحرية.

إن هذه النتائج المتعلقة بالطبيعة الديناميكية للبحر ليست نتائج عِلمية؛ فهي ليست مجرد تفاصيل درامية لقصة ما بها دروس مستفادة، لكن دون تطبيق. فلديهم تأثير قوي ومباشر على ما صار مشكلة رئيسة في زمننا هذا.

ومع أن سجل الإنسان كمسئول عن الموارد الطبيعية للأرض كان مُحْبِطًا، إلا أنه منذ فترة طويلة كان على مبدأ بأن البحر – على الأقل – كان مصونًا بما يتجاوز قدرة الإنسان على التغيير والسلب. ولسوء الحظ، أثبت هذا المبدأ أنه مبدأ ساذَج. وأثناء الكشف عن أسرار الذرَّة، وجد الإنسان نفسه في مواجهة مشكلة مخيفة: ما الذي يجب أن يفعله مع أخطر المواد التي استُكشِفَتْ عبر تاريخ الكرة الأرضية كلها، مثل المشتقات الثانوية للانشطار الذري. والمشكلة القوية التي تواجه الإنسان هي ما إذا كان يستطيع التخلص من هذه المواد المميتة من غير جعل الأرض غير صالحة للسكن الآدمي.

فلا يُنْظَرُ إلى البحر بأهمية ما لم نُحِطْ عِلمًا بهذه المشكلة المشؤومة. ومن خلال اتساع رقعة البحر وبُعده الظاهر، فإنه يسترعي اهتمام أولئك الذين يعانون من مشكلة طرح النفايات،

وببحث صغير جدًّا – على الأقل حتى أواخر الخمسينيات – اِخْتِيرَ البحر ليكون هو المكان (الطبيعي) لدفن النفايات الملوثة، وغيرها من (نفايات العصر الذرِّي الرديئة). فتُوضَعُ هذه النفايات في أسطوانات مُبطَّنة بالخرسانة، ثم تُنْقَلُ إلى البحر في أماكن محددة مسبقًا؛ فبعضها يُلقَى على بُعد ١٠٠ ميل أو أكثر، بل وفي الآونة الأخيرة؛ اقْتُرِحَ أن تُدفَنَ النفاياتُ على بُعد ٢٠ ميل فقط من شاطئ البحار. نظريًّا؛ تستقر الحاويات على عُمق حوالي ١٠٠٠ قامة [1]، لكن عمليًّا، تُدفَنُ النفايات – في بعض الأوقات – على أعماق أقل عمقًا من ذلك. ومن المفترض أن عُمر الحاويات لا يقل عن ١٠ سنوات، وبعد ذلك ستُطْلَقُ أي مواد مشعة متبقية في البحر. وأكررُ أن هذا من الناحية النظرية وحسب، وقد اعترف بذلك علنًا ممثل هيئة الطاقة الذرية بأنه من المرجح ألَّا تحافظ الحاويات على (سلامتها) أثناء إغراقها في قاع البحار. وفي حقيقة الأمر أنه بعد إجراء بعض الاختبارات في كاليفورنيا، تلاحظ أن بعض النفايات ينفجر تحت ضغط معين على مئات قليلة جدًّا من القامات فقط.

إنها مسألة وقت وحسب حتى يُتَخَلَّص من كل ما في هذه الحاويات في مياه المحيط، علاوةً على تلك التي لَمَّا تحضرْ مع توسع في استعمالات العلوم الذرية. وكذلك ينطبق الأمر على النفايات المعبأة التي طُرِحَتْ هناك، حيث جريان المياه الملوثة التي تأتي من الأنهار التي تُستخدم كمنصات لطرح النفايات الذرية، والتسريبات النووية الناتجة عن اختبار القنابل والعبوات الناسفة، والتي يأتي الجزء الأكبر منها على بقية السطح البحر الفسيح.

ومع أن الاعتراضات الوقائية من جانب الهيئة التنظيمية، إلا أن التطبيق العملي بأكمله يقوم على الحقيقة الأكثر انعدامًا للأمان. يقول الأوقيانوغرافيون إنهم يستطيعون إجراء

---

(1) القامة = ١,٨٢٨٨ متر

(تقديرات غير واضحة فقط) لمعرفة مصير العناصر المشعة التي أُدْخِلَتْ في أعماق المحيطات. ويعلنون أنه لا بُدَّ من سنوات من الدراسة المكثفة لتقديم فَهم لِمَا يحدث إذا ما صُرِفَتْ النفايات في مَصَابِّ الأنهار والمياه الساحلية. وكما رأينا، فإن كافة المعارف المعاصرة تشير إلى نشاط أكبر بكثير على جميع مستويات البحر مما كان متوقعًا من ذي قبل. إن الجريان المضطرب العميق، والحركات الأفقية للأنهار الكبيرة في مياه المحيط التي تجري فوق بعض في اتجاهات متفاوتة، والتيار الصاعد للمياه من الأعماق التي تحمل معادنها من القاع، كلها نتيجة لعملية خلط عملاقة، والتي ستؤدي – في الوقت المناسب – إلى التوزيع الكوني للملوثات المشعة.

ومع ذلك، فإن النقل الفعلي للعناصر المشعة عن طريق البحر نفسه ليس إلا جزء من المشكلة. وقد يكون لتركيز النظائر المشعة وتوزيعها عن طريق الحياة البَحْرِيَّة أهمية أكبر من ناحية المجازفة البشرية. ومن المعروف أن نباتاتَ البحرِ وحيواناته تتجمع وتحتشد على الإشعاع الكيميائي، أما الآن فتوجد معلومات غير واضحة تتعلق بتفاصيل العملية. وتعتمد الحياة التفصيلية للبحر على وجوده بشأن المعادن الموجودة في الماء. لذلك؛ إذا كان الإمداد الطبيعي لهذه العناصر الطبيعية منخفضًا، فتستنفعُ الكائنات الحية بالنظائر المشعة للعنصر المطلوب إذا كان موجودًا، وذلك بديلًا عن العنصر الطبيعي. إذًا؛ ماذا يحدث للحساب الدقيق لـ (المستوى الأقصى المسموح به)؟ فالكائنات الحية الكبيرة تتغذَّى على الكائنات الحية الدقيقة، وهكذا إلى أن تصل السلسلة الغذائية إلى الإنسان. ومن خلال هذه العملية، زِيدَتْ أسماك التونة على مساحة مليون ميل مربع، وقد أُحِيطَتْ باختبار انفجار حلقية بيكيني [1]، وكان الانفجار على درجة من النشاط الإشعاعي أكبر بكثير من تلك الموجودة في مياه البحر.

---

[1] حلقية البيكيني (Bikini Atoll): هي شعب حلقية في جزر المارشال في المحيط الهادئ، وتتكون من ٢٣ جزيرة، ومساحتها ٨,٨ كيلومتر مربع، وأُجْرِيَتْ عليها التجربة النووية.

وبسبب تحركاتها وتنقلاتها وهجرتها، فإن الكائنات البَحْرِيَّة تخرق النظرية المواتية التي تقول إن النفايات المشعة تظل في المنطقة التي صُرِفَتْ فيها. تتحرك الكائنات الأصغر على التتابع بتحركات رأسية واسعة النطاق باتجاه سطح البحر ليلًا، بينما تتجه إلى أعماق البحر السحيقة نهارًا، وبذلك يذهب أي نشاط إشعاعي قد يكون ملتصقًا بهم، أو قد يكون مندمجًا في أجسامهم. وقد تهاجر الفونة [1] (المجموعة الحيوانية) الكبيرة لمسافات كبيرة، مثل: الأسماك، والفقميات، والحيتان، مما يساعد مرة أخرى في نشر العناصر المشعة وتوزيعها في البحر.

إذًا؛ فالمشكلة أشد تعقيدًا وأكثر خطورةً مما كنا نصرح به من قبل. وحتى في الوقت القصير نسبيًّا منذ بدء صرف النفايات، أظهر البحث أن بعض الافتراضات التي كانت يُسْتَنَدُ إليها كانت غير دقيقة على نحوٍ خطير. والحقيقة أن صرف النفايات قد شُرِعَ في تنفيذه بسرعة أكبر بكثير مما تُعلله معرفتنا. والدعوة إلى الصرف أولًا، ثم تَدَارُس الأمر واستقرائه ثانيًا، هي دعوة إلى كارثة؛ لأنه بمجرد صرف العناصر المشعة في البحر، لا يمكن استرجاعها ثانيةً. فالأخطاء التي تُرتَكَب الآن، تُرتَكَب في كل الأوقات.

ومن الغريب أن البحر – الذي نشأت منه الحياة لأول مرة – هو الآن مُهَدَّدٌ بواحد من أنشطة تلك الحياة، ولكن البحر – مع أن تغيره بطريقة فاسدة – سيستمر في الوجود، وإنما الحياة في حد ذاتها هي المُهَددة.

سيلفر سبرينغ – ولاية ماريلند – أكتوبر ١٩٦٠م

رَاشِيل كَارسُون

([1]) الفونة: (المجموعة الحيوانية) هي مجموعة الحيوانات التي تستوطن قُطرًا أو إقليمًا ما.
مجمع اللغة العربية، **معجم البيولوجيا في علوم الأحياء والزراعة (إنجليزي عربي)**، ج ١، ص ٨٧.



شكر وتقدير

إن التغلب بمفردك – دون مساعدة الغير – على موضوع واسع جدًّا ومعقد وغامض مثل البحر، سيكون الأمر فيها ليس فقط صعب؛ بل إنه أمر مستحيل. فلم أحاول الولوج في عالم البحار بمفردي، بل تلقيتُ المساعدة من كل جانب، من أولئك الذين يُمَثِّلُ عملهم جوهر معرفتنا الحالية بعالم البحار، بكثير من النُبل والترحاب. لقد قرأ المتخصصونَ – في العديد من المشكلات المتعلقة بالمحيط – الفصولَ التي تتناول مجال دراستهم، وقدموا تعقيباتهم واقتراحاتهم بناءً فَهمهم الوسيع. ولمثل هذه المساعدة البنَّاءة، فأنا مدينةٌ لكلٍ من: (هنري براينت بيغيلو Henry Bryant Bigelow)، و(تشارلز فرانكلين بروكس Charles Franklin Brooks)، و(هنري سي. ستيتسون Henry C. Stetson) من جامعة هارفارد، و(مارتن ويغو جونسون Martin Wiggo Johnson)، و(والتر هينريتش مونك Walter Heinrich Munk)، و(فرنسيس باركر شيبرد Francis Parker Shepard) من معهد سكريبس لعلم المحيطات، و(روبرت كاشمان ميرفي Robert Cushman Murphy)، و(ألبرت إيدي بار Albert Eide Parr) من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي، و(كارل أوين دونبار Carl Owen Dunbar) من جامعة ييل، و(هاري آرون مارمِر Harry Aaron Marmer) من هيئة المسح الجيوديسي والساحلي للولايات المتحدة الأمريكية، و(آر. سي. هوسي R.C. Hussey) من جامعة ميتشيغان، و(جورج كوهي George Cohee) من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، و(هيلاري بي. مور Hilary B. Moore) من جامعة ميامي.

الباب الأول: البحر المنبع

١) البدايات الرمادية
٢) شكل السطح
٣) عام التغيير
٤) البحر المظلم
٥) تساقط الثلوج الطويل



البدايات الرمادية

«٢ وَكَانَتِ الأَرْضُ خَرِبَةً وَخَالِيَةً، وَعَلَى وَجْهِ الْغَمْرِ ظُلْمَةٌ».

العهد القديم، سفر التكوين، الإصحاح ١، آية: ٢

ربما تكون البدايات غامضة، وكذلك الحال مع بدايات ذلك المنبع العظيم للحياة، أَلَا وهو البحر. لقد تباحثَ الكثيرُ من الناسِ في كيف ومتى احتوتْ الأرضُ مُحيطَها، كما أنه ليس من المستغرب ألَّا تتفق تفسيراتهم دائمًا. والحقيقة التي لا مناص منها هي أنه لم يكن أحدٌ – وقتئذٍ – ليرى ماذا حدث بالفعل، وفي غياب روايات شهود العيان، فلا بُدَّ مِن أن يكون هناك قدر معين من الاختلاف في الآراء. وبالتالي؛ فإذا أخبرتُكم هنا بقصة كيف احتوى كوكبُ الأرضِ (حديث النشأة) محيطَه، فيجب أن تكون القصة قد جُمِعَتْ من العديد من المصادر، وأن تحتوي على فصولٍ كاملةٍ لا يمكننا إلَّا أن نتخيلها. وتستند هذه القصة إلى شهادة أقدم صخور الأرض، والتي كانت حديثة النشأة عندما كان كوكب الأرض كذلك؛ أي تستند إلى دليل آخر مكتوب على سطح القمر الاصطناعي للأرض، وهو القمر، وتستند إلى الآثار المشمولة في

تاريخ الشمس والكون كله من الفضاء المشحون بالنجوم. ولأنه مع أن غياب الإنسان أثناء الولادة الكونية، إلَّا أن النجوم والقمر والصخور كانت هي الحاضرة والشاهدة، وحقًّا كان لها بالفعل علاقة كبيرة بحقيقة وجود المحيط.

فيلزم من الأحداث التي أكتبُ عنها قد حدثتْ منذ أكثر من ملياري سنة. كما يمكن للعلم أن يقول إن هذا هو العمر التقريبي للأرض، ولا بُدَّ أن يكون المحيط قديمًا جدًّا. ومن الممكن الآن اكتشاف عمر الصخور التي تتألَّف منها القشرة الأرضية بقياس معدل تحلل المواد المشعة التي تحتويها. والصخور الأقدم الموجودة في أي مكان في العالم في (مانيتوبا) [1] عمرها حوالي ٣ , ٢ مليار سنة. وبعد مرور ١٠٠ مليون سنة – أو نحو ذلك – على تبريد مواد الأرض، والتي شكَّلتْ قشرة صخرية، توصلنا إلى الفرضية التي تفيد بأن الأحداث القوية والعنيفة المرتبطة بميلاد كوكبنا حدثتْ منذ ما يقرب من ٥ , ٢ مليار سنة. لكن هذا ليس إلَّا تقدير أقل بالنسبة إلى الصخور التي تشير إلى عمر أكبر يمكن العثور عليها في أي وقت [2].

([1]) إحدى مقاطعات كندا.

([2]) (ح. م): يخضع مفهومنا لـ (عمر الأرض) للتغيير باستمرار، حيث تُكْتَشَفُ الصخور القديمة والأقدم، وكذلك أساليب البحث وطرائقه في تطور دائمًا. والصخور الأقدم المعروفة الآن في أمريكا الشمالية موجودة في منطقة الدرع الكندي، لكن لم تُحَدَّدْ أعمارها بدقة، ويعتقد البعض من مقاطعتي مانيتوبا وأونتاريو أن تلك الصخور قد تشكَّلتْ منذ ما يقرب من ٣ مليار سنة. وكذلك اِكْتُشِفَتْ أقدم الصخور في شبه جزيرة كاريليا في الاتحاد السوفيتي وجنوب إفريقيا. ويرى الجيولوجيون عمومًا أن المفاهيم الحالية للزمن الجيولوجي سوف يمتد كثيرًا في المستقبل. وقد أُجْرِيَتْ تعديلات تجريبية لطول الفترات المختلفة (انظر الرسم البياني – صفحات: ١٠، ١١)، واستبعاد عصر الكامبري ١٠٠ مليون سنة مقارنةً بالتأريخ المخصص له قبل عقد من الزمن. لكن في ذلك الوقت الكبير والغامض الذي سبق العاصر الكامبري، إلا أنه يوجد أكبر قدر من الشك. هذا هو عصر الصخور ما قبل الحفريات. وأيًّا كانت الحياة التي سكنت الأرض في ذلك العصر، إلا أنها تركت آثارًا قليلة، ومع أن خلال الأدلة غير المباشرة قد نستدلُ على وجود الحياة بكَثْرةٍ قبل أن يُدَوَّنَ سِجلها في الصخور. فمن خلال الدراسات التي أُجْرِيَتْ على الصخور ذاتها،

وكانت الأرض المستحدثة – تلك التي انفصلت حديثًا عن الشمس الأم – عبارة عن كرة من الغازات الدوَّارة؛ شديدة الحرارة، وتنطلق عبر مساحات سوداء في الكون في مسارٍ ما وبسرعةٍ تتحكم فيها قوى هائلة. ثم هدأتْ كرة الغازات الملتهبة تدريجيًّا، وبدأتْ الغازات في التسييل، وأصبحتْ الأرض كتلة منصهرة. وصُنِّفَتْ مواد هذه الكتلة – في نهاية المطاف – بأسلوب محددٍ: المواد الأثقل تقع في المركز، والمواد قليلة الثُقل تحيط بالمواد الأثقل، والمواد الأقل ثُقلًا هي التي تُشَكِّلُ الحافة الخارجية. هذا هو الشكل الذي لا يزال قائمًا إلى اليوم – كرة مركزية من الحديد المنصهر ساخنة جدًّا كما كانت قبل ملياري سنة، وكرة وسيطة من البازلت شبه بلاستيكية، وقشرة خارجية صلبة لكنها رقيقة نسبيًّا وتتكون من البازلت الصلب والجرانيت.

فكان لا بُدَّ أن القشرة الخارجية للأرض جيدة منذ عدة ملايين سنة لتتغير من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، ويُعْتَقَدُ أنه قبل اكتمال هذا التغيير، وقعَ حدثٌ يتسم بالأهمية القصوى وهو: تشكيل القمر. فحينما تقف فيها على الشاطئ ليلًا، وتراقب مسار القمر الساطع عبر المياه، وتُدْرِك ظاهرة المد والجزر للقمر، تذكَّرْ أن القمرَ ذاته ربما وُلِدَ من موجة مد كبيرة من مادة

أقام الجيولوجيون عددًا قليلًا من المرجعيات الجيدة التي تظهر في تلك الفترات الشاسعة من الزمن، والمشار إليها على الرسم البياني باعتبارها دهر الطلائع والدهر السحيق. وتشير هذه إلى أن عُمر جبال غرنفيل القديمة في شرق أمريكا الشمالية يبلغ مليار سنة. فإذا ما كانت هذه الصخور مكشوفة على السطح – كما هو الحال في أونتاريو – فهذا يعني أنها تحتوي على كميات كبيرة من الجرافيت، مما يعطي برهانًا يُلْزِمُ الصمتَ على وفرة الحياة النباتية عندما كانت تتشكل الصخور؛ لأن النباتات هي مصدر عام للكربون. وقد حُصِلَ على قراءة عُمرية تبلغ ١,٧٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة في جبال بينوكين في ولاية مينيسوتا الأمريكية وأونتاريو، المعروفة سابقًا لدى الجيولوجيين باسم (جبال كيلارني). ولا يزال يُنظَر إلى بقايا هذه الجبال الشاهقة على أنها تلال منخفضة ومنحدرة. كما يشير اكتشاف أقدم الصخور في كندا، وروسيا، وإفريقيا إلى أن تاريخها يعود إلى أكثر من ٣ مليار سنة، وأن الأرض ذاتها ربما تشكَّلتْ منذ حوالي ٤,٥ مليار سنة.

أرضية، والتي ربما قد كانت بعيدة ومنتشرة في الفضاء. وتذكَّرْ أيضًا أنه إذا كانت هذه الطريقة التي شُكِّلَ بها القمر، فقد يكون للحدثِ دور كبير في تشكيل أحواض المحيطات والقارات كما نعرفها.

وقبل وقت طويل من وجود المحيط، كانت تقع ظاهرة المد والجزر في الأرض المُسْتَحْدَثَة. ونتيجةً لجاذبية الشمس، ارتفعت السوائل المنصهرة لسطح الكرة الأرضية بالكامل في ظاهرة المد والجزر التي تموج دون أي عوائق حول الكرة الأرضية، وتراجعت تدريجيًّا وتقلصت مع تبريد القشرة الأرضية وتجمدها وتصلبها. فأولئك الذين يرون أن القمر نشأ من الأرض، يقولون إنه خلال مرحلة مبكرة من تطور الأرض حدثَ شيء ما تسببَ في ظاهرة المد والجزر – مكسوَّة بمادة لزجة – الدوَّارة من أجل استجماع السرعة، وزخم الحركة، وزيادة الارتفاعات إلى ارتفاعاتٍ لا يمكن تصورها. ومن الواضح أن القوة التي أحدثتْ أعظم ظاهرة وهي المد والجزر عرفتها الكرة الأرضية على الإطلاق كانت قوة الرنين؛ لأنه في ذلك الوقت كانت حقبة المد والجزر الشمسي تقترب، والتي – فيما بعد – تعادل حقبة التذبذب الحر للأرض السائلة. وهكذا أُعْطَى كل مد شمسي قوة دافعة متزايدة من خلال التذبذب الأرضي، كما كان كل مد من ظاهرة المد والجزر – التي تحدث مرتين يوميًّا – أكبر من المد الذي سبقه. ووفقًا لعلماء الفيزياء أنهم قالوا إنه بعد ٥٠٠ عامًا من تلك الظاهرة – المد والجزر – الهائلة والمتزايدة بانتظام، أصبحت الموجات الموجودة على جانب الشمس مرتفعة جدًّا بحيث لا يمكن التنبؤ بثباتها، وشَطَنَتْ موجةٌ عظيمةٌ هائلةٌ في الفضاء. لكن على الفور – وبطبيعة الحال – صار القمر الاصطناعي الذي اِبْتُكِرَ حديثًا خاضعًا للقوانين الفيزيائية، والتي مكَّنَته من الدوران في فلكٍ خاص به حول الأرض. إن هذا الذي نُطلق عليه الآن اسم (القمر).

وهناك أسباب للاعتقاد بأن هذا الأمر قد حدث بعد أن أصبحت قشرة الأرض صلبة قليلًا بدلًا عن وضعها السائلي جزئيًّا. وإلى يومنا هذا يوجد نَدَبَة عظيمة على سطح الكرة الأرضية. فإنه إلى يومنا هذا ما زال يوجد على سطح الكرة الأرضية شيء يشبه النَدَبة، وهذه الندبة أو المنخفض يحتجز المحيط الهادئ. ووفقًا لبعض الجيوفيزيائيين، تتكون أرضية المحيط الهادئ من صخور البازلت، وهي نفس المادة التي تتكون منها طبقة الأرض الوسطى، بينما تغطي جميع المحيطات الأخرى طبقة رقيقة من الجرانيت، والتي تُشَكِّلُ معظم طبقة الأرض الخارجية. ويأتي سريعًا التساؤل عما حدث لغطاء الجرانيت في المحيط الهادئ، وتكون الاحتمالية الأكثر اقتناعًا أن هذا الغطاء قد تبدد واختفى أثناء عملية تشكُّل القمر. ومن الأدلة الداعمة على هذه الاحتمالية أن متوسط كثافة القمر أقل بكثير من كثافة الأرض (٣,٣ مقارنة بـ ٥,٥)، مما يشير إلى أن القمر لم يأخذ أيًّا من اللب الحديدي الثقيل للأرض، لكنه يتكون فقط من الجرانيت وبعض صخور البازلت في الطبقة الخارجية.

وربما ساعدت ولادة القمر في تشكيل مناطق أخرى من المحيط العالمي إلى جانب المحيط الهادئ. وعندما شَطَنَ جزء من القشرة، فكان يجب أن تكون الانفعالات قد استقرت في غلاف الجرانيت المتبقي. وربما تصدَّعتْ كتلة الجرانيت على الجانب المقابل لنَدَبَة القمر، أو ربما عندما دارت الأرض حول محورها، وانطلقت في فلكها في الفضاء، اتسعت رقعة التصدعات، ثم بدأت كتل الجرانيت في الانفصال بعيدًا متحركةً فوق طبقة البازلت التي تصلَّدَتْ ببطء. وبعد ذلك صارت الأجزاء الخارجية لطبقة البازلت صلبة تدريجيًّا، واستقرت القارات الهائمة في الفضاء، وتجمدت في مكانها مع وجود المحيطات بينهما. ومع أن النظريات التي تشير إلى خلاف ذلك، يبدو أن قوة الأدلة الجيولوجية هي أن مراكز أحواض المحيطات الرئيسة والكتل اليابسة القارية الرئيسة هي اليوم نفسها إلى حد كبير كما كانت منذ فترة مبكرة جدًّا من تاريخ الأرض.

لكن هذا لهو ما نتوقعه للقصة؛ لأنه عندما وُلِدَ القمر لم يكن هناك محيط. وغلَّفَتْ طبقاتٌ ثقيلةٌ من السحبِ الأرضَ الباردةَ تدريجيًّا، والتي تحتوي على الكثير من مياه الكوكب الجديد. وكان سطح ذلك الكوكب الجديد ساخنًا جدًّا لفترة طويلة لدرجة أنه لا يمكن أن تتساقط قطرات الندى دون أن تتحول إلى بخارٍ فورًا. فكان لا بُدَّ أنه كان ذلك الغطاء السحابي الكثيف المتجدد دائمًا سميكًا بالدرجة الكافية التي لا تسمح لأشعة الشمس اختراقه. وهكذا رُسِمَتْ الخطوط الأولية للقارات وأحواض المحيط الفارغة على سطح الكرة الأرضية في الظلام، كما لو كانت في عالَمِ ستيكس [1] من الصخور الساخنة والسحب الدوَّارة والعتمة.

وبمجرد أن بردتْ القشرة الأرضية بالدرجة الكافية، بدأت الأمطار في الهطول التي لم يسبق لها مثيل قط منذ لك الوقت. استمر هطول الأمطار ليلًا ونهارًا أيامًا وشهورًا، أو سنوات، أو قرون. ثم تدفقتْ في أحواض المحيط المنتظرة، مجتمعةً على الكتل القارية، ثم تحولت – فيما بعد – إلى بحارٍ.

فلا بُدَّ أن ذلك المحيط هو المحيط الأولي الذي اتسعت رقعته بكميات كبيرة من المياه من هطول الأمطار التي ملئت أحواضه، وكانت نسبة الملح فيه ضئيلة. لكن كان هطول الأمطار رمزًا لتفكك القارات. فمنذ اللحظة التي بدأت فيها الأمطار بالهطول، انبرتْ الأرض وبَالَتْ مما دفعها إلى حملها إلى البحر. إنها عملية جامحة لا نهاية لها، لم تتوقف قط عن تفتيت الصخور، وترسيب المعادن الموجودة بها، ونقل فتات الصخور والمعادن المذابة إلى المحيط. وعلى مدى الدهور الطويلة، صار البحر أكثر ملوحة ومرارة لوجود ملح القارات.

---

(1) ستيكس (Stygian World) هو نهر في الميثولوجيا الإغريقية يجري سبع مرات حول عالم الأموات، وفي الإلياذة هو النهر الوحيد في العالم السفلي.

وبأي طريقةٍ لا يمكننا القول إن البحر أخرج المواد الخام الخفية والبديعة التي يُطْلَقُ عليها (البروتوبلازم) [1]. فلا بُدَّ أن كانت حالة درجة الحرارة المجهولة والضغط والملوحة في مياهها الدافئة ذات الإضاءة الخافتة هي العوامل الرئيسة، وإبداع الحياة من لا حياة. وعلى أي حال؛ لقد توصلوا إلى النتيجة التي لم يتمكن الكيميائيون ببوتقاتهم قديمًا، ولا العلماء المعاصرون بمختبراتهم حديثًا، من تحقيقها.

وربما كان هناك العديد من المحاولات والإخفاقات قبل خلق الخلية الحية الأولى. ومن المُرَجَّحِ فيما يبدو أنه في ظل الملوحة الدافئة في البحر الأولي، شُكِّلَتْ بعض المواد العضوية من ثاني أكسيد الكربون، والكبريت، والنيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم. وربما كانت هذه خطوات انتقالية نشأت منها الجزئيات المركبة من البروتوبلازم، وهي جزئيات اكتسبتْ – بطريقة ما – القدرةَ على استنساخ نفسها، وبدء تيار الحياة اللانهائي. أما في الوقت الحاضر، فلا توجد حصافة بالقدر الكافي للتأكد من ذلك.

وربما كانت تلك الكائنات الحية الأولى هي كائنات دقيقة بسيطة، مثل بعض البكتيريا التي نعرفها اليوم، عبارة عن أشكالٍ حدوديةٍ غامضةٍ؛ أي لم تكن نباتات تمامًا، ولم تكن حيوانات تمامًا؛ بل ربما بالكاد تتجاوز الخط الدقيق جدًّا الذي يفصل بين الكائنات الحية والكائنات غير الحية. ومن المشكوك فيه أن الحياة الأولى تتمتع بوجود مادة الكلوروفيل التي تحوِّل بها النباتات في ضوء الشمس المواد الكيميائية التي لا حياة لها إلى مواد حية بداخل أنسجتها. وأمكنَ ذلك دخول القليل من أشعة الشمس إلى عالَمِهِم المُعْتِمِ، بحيث إنها اخترقت السحب الركامية التي سقطت منها الأمطار اللامتناهية. وربما عاش أبناء البحر على المواد

(1) البروتوبلازم أو (الجِبْلَة الأولى) – في علم الأحياء – هي الأساس الحيوي للكائن الحي، وهو التركيب الذي له القدرة على القيام بعمليات الأيض من هدمٍ وبناءٍ.

العضوية التي كانت موجودة في ذلك الوقت في مياه المحيط، أو، مثل بكتيريا الحديد والكبريت الموجودة اليوم، عاشوا مباشرةً على طعامٍ غير عضوي.

وكان الغطاء السحابي – طوال الوقت – رقيقًا، وكان ظلام الليل في تناوبٍ مع ضياء النهار، حتى انتهى الأمر بشروق الشمس لأول مرة على البحر. وبحلول هذا الوقت، لا بُدَّ أن بعض الكائنات الحية التي كانت تطفو في البحر قد طورتْ سحر الكلوروفيل. والآن أصبح لديهم القدرة على أخذ ثاني أكسيد الكربون من الهواء ومياه البحر، ومن هذه العناصر، في ضوء الشمس، وبناء المواد العضوية التي يحتاجونها، لذلك؛ ظهرتْ أولى النباتات الحقيقية.

ووُجِدَتْ مجموعة أخرى من الكائنات الحية التي تفتقر إلى الكلوروفيل، لكنها تحتاج إلى طعام عضوي، ويمكنها أن تخلقَ طريقة حياة لأنفسها عن طريق التهام النباتات. وهكذا نشأت الحيوانات الأولى، ومنذ ذلك اليوم وحتى هذا اليوم، اتبعَ كلُ حيوان في العالمِ العادةَ التي تعلمها في البحار القديمة ويعتمد، مباشرةً أو من خلال سلاسل غذائية معقدة، على النباتات من أجل الغذاء والحياة.

مع مرور السنين، والقرون، وملايين السنين، نما تيار الحياة أكثر وأكثر تعقيدًا. من مخلوقات بسيطة وحيدة الخلية، نشأت كائنات أخرى كانت عبارة عن تجمعات من الخلايا المتخصصة، ثم نشأت كائنات لها أعضاء لتغذية الهضم والتنفس والتكاثر. كما نما وترعرع الإسفنج على القاع الصخري لحافة البحر، وبَنَتْ حيوانات المرجان مساكنها في المياه الدافئة الصافية. وانزلقَ قنديلُ البحرِ وانجرف في البحر، وتطورت الديدان ونجم البحر والمخلوقات ذات القشرة الصلبة متعددة الأرجل المفصلية. كما ارتقتْ النباتات أيضًا، من الطحالب المجهرية إلى الأعشاب البحرية المتفرعة والمثمرة بغرابة، والتي تمايلت مع المد والجزر التي اقتلعتها الأمواج من الصخور الساحلية، وألقتْ بها في أماكن عشوائية.

خلال كل هذا الوقت، لم يكن للقارات حياة، ولم يكن هناك الكثير ما يجذب الكائنات الحية للقدوم إلى الشاطئ، كي تتخلى عن البحر الأم الذي يوفر لهم كل ما يقدمه. لا بُدَّ أن الأراضي كانت جرداء مُوحِشَة وعدائية لا تستطيع للكلمات أن تصفها. تخيل قارة كاملة من الصخور العارية، لم تُرْسَمْ لها وشاحًا أخضرًا لتغطيها، قارة من غير تربة؛ فلم تكن هناك نباتات برية للمساعدة في تكوينها وربطها بالصخور مع جذورها. تخيلوا أرضًا حجرية؛ أرضًا صامتة، باستثناء أصوات الأمطار والرياح التي اجتاحتها؛ فلم يكن هناك صوت لأي شيء حي، ولا شيء حي يتحرك على سطح الصخور.

في هذه الأثناء، كان التبريد التدريجي للكوكب، الذي أعطى الأرض لأول مرة قشرتها الجرانيتية الصلبة، يستحدث طبقاته العميقة. وعندما يبرد الجزء الداخلي ببطء ويتقلص، يبتعد عن الغلاف الخارجي. هذه القشرة، التي تتكيف مع مجال نشاطها المتقلص بداخلها، سقطت في ثنايا أول سلاسل جبال على الأرض وتجاعيدها.

يخبرنا الجيولوجيون أنه لا بد من وجود فترتين على الأقل من تكوين الجبال (تسمى غالبًا "الثورات) في تلك الفترة الغامضة، فمنذ زمن بعيد، لم يكن للصخور أي تأريخ، لذلك؛ إن الجبال ذاتها قد انبرتْ وتفتتْ منذ فترة طويلة جدًّا. ثم جاءت فترة ثالثة كبيرة من الاضطرابات، وإعادة تكيف قشرة الأرض، منذ ما يقرب من حوالي مليار سنة، لكن من بين كل جبالها الشامخة، فإن ما يُذْكَرُ منها اليوم هو تلال لورنتيان في شرق كندا، ودرع عظيم من الجرانيت أعلى السهل حول خليج هدسون.

لم تساعد حقبة تكوين الجبال إلا في تسريع عمليات التعرية التي تآكلت من خلالها القارات، وعادت صخورها المتهالكة ومعادنها إلى البحر. كانت كتل الجبال المرتفعة فريسة للبرد القارس في الغلاف الجوي العلوي وتحت هجمات الصقيع والثلج والجليد، تشققت

الصخور وانهارت بعيدًا. ضربت الأمطار بعنف أكبر منحدرات التلال وجرفت جوهر الجبال في مجاري السيول. لم يكن هناك حتى الآن غطاء نبات لتعديل ومقاومة قوة الأمطار.

وفي البحر، استمرت الحياة في التطور. لم تترك التكوينات الأولية أي أحافير يمكننا من خلالها التعرف عليها. وربما كانت من الكائنات الرخوة، مع عدم وجود أجزاء صلبة يمكن الحفاظ عليها. ثم – أيضًا – فإن الطبقات الصخرية التي تشكلت في تلك الأيام الأولى قد تغيرت كثيرًا بسبب الحرارة والضغط الهائلين، تحت انثناءات القشرة الأرضية، بحيث دُمِّرَتْ أي أحافير قد تكون احتوت عليها.

وعلى مدار الـ ٥٠٠ مليون سنة الماضية، حافظت الصخور على سجل الحفريات. بحلول فجر العصر الكامبري، عندما سُجِّلَ تاريخ الكائنات الحية لأول مرة على صفحات صخرية، تقدمت الحياة في البحر حتى الآن حيث طُوِّرَتْ جميع المجموعات الرئيسة من الحيوانات اللافقارية. لكن لم تكن هناك حيوانات من ذات العمود الفقري، ولا حشرات أو عناكب، ومع ذلك، لم يتطور أي نبات أو حيوان قادر على المجازفة على الأرض المحظورة. لذلك؛ فإنه لأكثر من ثلاثة أرباع الزمن الجيولوجي، كانت القارات مقفرة وغير مأهولة بالسكان، بينما أَعَدَّ البحرُ الحياةَ التي كانت لاحقًا لغزوها وجعلها صالحة للمعيشة. وفي غضون ذلك، مع ارتجاف الأرض العنيف، ونار، ودخان البراكين الهائجة، ارتفعت الجبال وتلاشت، وانتقلت الأنهار الجليدية ذهابًا وإيابًا فوق الأرض، وزحف البحر فوق القارات وانحسر مرة أخرى.

لم يكن حتى العصر السيلوري، منذ حوالي ٣٥٠ مليون عامًا، عندما زحف أول رائد للحياة البرية إلى الشاطئ. لقد كانت مفصليات الأرجل، إحدى القبائل العظيمة التي أنتجت لاحقًا سرطان البحر والكركند والحشرات، هي أول ما زحف للحياة البرية، ولا بُدَّ أنها كانت

شيئًا مثل العقرب الحديث، لكنه، على عكس بعض من سلالته، لم يقطع الروابط التي توحده بالبحر تمامًا. لقد عاشت حياة غريبة؛ نصف أرضية، أو نصف مائية، مثل تلك الموجودة في السرطانات الشبح التي تسرع على طول الشواطئ اليوم، بين الفينة والأخرى تتجه إلى أمواج البحار لترطيب خياشيمها.

كانت الأسماك، المدببة من الجسم والتي تسبح بانتظام بفعل ضغط المياه الجارية، تتطور في أنهار العصر السيلوري. وفي أوقات الجفاف، في أحواض التجفيف والبحيرات، أجبرهم نقص الأكسجين على توسعة مثانة العوم لتخزين الهواء. فكان أحد الأشكال التي تمتلك رئة تتنفس الهواء قادرًا على البقاء على قيد الحياة في فترات الجفاف عن طريق دفن نفسه في الوحل، تاركًا ممرًا إلى السطح يتنفس من خلاله.

ومن المثير للشكوك بطريقة قوية جدًّا أن الحيوانات وحدها كانت ستنجح في استعمار الأرض؛ لأن النباتات وحدها هي التي تمتلك القدرة على إحداث التحسين الأول لظروفها القاسية. لقد ساعدتْ في صنع تربة الصخور المُفَتَّتَة، وحبستْ التربة عن الأمطار التي كانت ستجرفها بعيدًا، وشيئًا فشيئًا قامت بتليين الصخور العارية وترويضها؛ إنها الصحراء التي لا حياة فيها. ولا نعرف إلا القليل جدًّا عن النباتات البرية الأولى، لكن يجب أن تكون مرتبطة ارتباطًا وثيقًا ببعض الأعشاب البحرية الأكبر حجمًا التي تعلمت العيش في المياه الضحلة الساحلية، وتوسيع السيقان المعززة والإمساك بحواجز شبيهة بالجذور لمقاومة سحب الأمواج وجذبها. ربما وجدت بعض هذه النباتات أنه من الممكن البقاء على قيد الحياة في بعض الأراضي الساحلية المنخفضة، التي تُجَفَّفُ وتُغْمَرُ دوريًّا، رغم انفصالها عن البحر. يبدو أن هذا حدث أيضًا في العصر السيلوري.

تآكلت الجبال التي أخرجتها الثورة اللورينتية تدريجيًّا، وبسبب اندفاع المياه من أعلى قمم الجبال، وانجرفت الرواسب، ترسبت على الأراضي المنخفضة، ثم غرقت مناطق شاسعة من القارات. وشقَّتْ البحارُ طريقها من أحواضها، وانتشرت في الأرض. كانت الحياة جيدة، وكانت وفيرة للغاية في تلك البحار الضحلة المضاءة بنور الشمس. لكن مع التراجع اللاحق لمياه المحيط إلى الأحواض الأعمق، فكان لا بُدَّ أن العديد من الكائنات قد تُرِكَتْ عالقةً في الخلجان الضحلة غير الساحلية. حينئذٍ وجدت بعض هذه الحيوانات وسيلة للبقاء على قيد الحياة على الأرض. فكانت البحيرات وشواطئ الأنهار والمستنقعات الساحلية في تلك الأيام أماكن الاختبار التي تكيفت فيها النباتات والحيوانات مع الظروف الجديدة أو ربما هلكتْ.

ومع ارتفاع الأراضي وانحسار البحار، ظهر مخلوق غريب يشبه السمك على الأرض، وعلى مدى آلاف السنين أصبحت زعانفه أرجلًا، وبدلًا عن الخياشيم، طورت وأصبحت رئتيه. ففي الحجر الرملي للعصر الديفوني، ترك هذا البرمائي الأول بصمته.

وعلى البر والبحر، انْبَجَسَتْ الحياة، ونشأتْ أشكال جديدة؛ بعض هذه الكائنات القديمة ضَعُفَتْ واختفتْ. وعلى الأرض، تطورت الطحالب والسراخس ونباتات البذور، كما سيطرت الزواحف على الأرض لفترة من الزمن، وكانت عملاقة، وبشعة، ومرعبة. وتعلمت الطيور كيف تعيش وتتحرك في محيط الهواء. ثم توارتْ الثدييات الصغيرة الأولى بصورة غير واضحة في الشقوق المستترة في الأرض كما لو كانت تخشى الزواحف.

عندما زحفت هذه الكائنات إلى الشاطئ، حملت الحيوانات – التي أخذت الحياة البرية معهم – جزءًا من البحر في أجسادهم، وهو التراث الذي نقلوه إلى أطفالهم والذي يربط حتى اليوم كل حيوان بري بأصله في البحر القديم. فالأسماك، والبرمائيات، والزواحف، والطيور، والثدييات ذوات الدم الحار – يحمل كل منا في عروقه تيارًا مالحًا تتحد فيه عناصر الصوديوم

والبوتاسيوم والكالسيوم بنفس النسب تقريبًا كما في مياه البحر. هذا هو ميراثنا منذ ذلك اليوم، منذ ملايين السنين غابرة لا نعرفها، عندما كان الأسلاف – في ذلك الوقت – تتكون أجسادهم من خلية واحدة وارتقت إلى متعددة الخلايا، فتطور جهاز الدورة الدموية الذي كان فيه السائل مجرد ماء البحر. وبنفس الطريقة، فإن الهياكل العظمية المقواة بالجير هي ميراثٌ من المحيط الغني بالكالسيوم في العصر الكامبري. حتى البروتوبلازم الذي يتدفق داخل كل خلية من أجسامنا له تركيبة كيميائية مؤثرة على جميع المواد الحية عندما ظهرت الكائنات البسيطة الأولى في البحر القديم. وكما بدأت الحياة نفسها في البحر، هكذا يبدأ كل منا حياته الفردية في محيط مصغر داخل رحم أمه، وفي مراحل نموه الجنيني، يكرر الخطوات التي تطورت به سلالته، من سكان يتنفسون بالخياشيم في عالَمٍ مائيٍّ لكائناتٍ قادرة على العيش على الأرض.

عادت بعض الحيوانات البرية لاحقًا إلى المحيط. وبعد حوالي ٥٠ مليون عامًا من الحياة البرية، دخل عددٌ من الزواحفِ البحرَ منذ حوالي ١٧٠ مليون عامًا، في العصر الترياسي (الثلاثي)؛ كانت مخلوقات ضخمة ومرعبة. كان لدى بعضها أطرافًا تشبه المجداف يجدفون بها في الماء، وكان البعض الآخر متشابكًا مع أعناق طويلة ملتوية. لكن هذه الوحوش المرعبة اختفت منذ ملايين السنين، وما زلنا نتذكرها عندما صادفنا سلحفاة بحرية كبيرة تسبح على بُعد أميال عديدة في البحر، لقد كانت قوقعتها المكسوة بالرنقيل [1] تحميها بجزالة في حياتها البحرية. بعد ذلك بكثير، ربما ليس أكثر من ٥٠ مليون عامًا، تخلَّتْ بعض الثدييات أيضًا عن الحياة البرية واتجهت نحو المحيطات، فأعقبوا في زمننا هذا: أسود البحر، والفقمة، وأفيال البحر، والحيتان.

---

(1) البرنقيل: هو محار يعيش في المياه المِلْحَة، يلتصق بالأشياء تحت الماء، ويوجد على دعامات أرصفة الموانئ والصخور والسلاحف والحيتان وقيعان السفن.

ومن بين الثدييات البرية، كان هناك جنس من الكائنات التي توصلت إلى وجود شجري. خضعت أطرافهم إلى تطور ملحوظ، وأصبح هذا الجنس من الكائنات بارعين في التعامل مع الأشياء وفحصها، وإلى جانب هذه البراعة، ظهرت قوة دماغية فائقة تعوض ما تفتقر إليه هذه الثدييات الصغيرة نسبيًّا في القوة. وأخيرًا، ربما في مكان ما في الجزء الداخلي الشاسع في آسيا، هبطت هذه الكائنات من فوق الأشجار وعادت إلى اليابسة مرة أخرى. شهدت المليون سنة الماضية تحولهم إلى كائنات ذات جسد الإنسان وعقله وروحه.

في النهاية وجد الإنسان طريقه عائدًا إلى البحر، واقفًا على شواطئه، إذ أنه لا بُدَّ أنه نظر إليه بدهشة وفضول، مصحوبًا بإدراك عقله الباطن لأصله. فإنه لم يستطع جسديًّا الدخول إلى المحيط كما فعلت الفقمات والحيتان. لكن على مر القرون، وبمهارةٍ وإبداعٍ وقوى التفكير التي يتمتع بها عقله، سعى إلى الاستكشاف والتحقيق حتى في أبعد أجزائه، حتى يتمكن من إعادة إدخاله عقليًّا وخياليًّا.

ثم غامرَ الإنسانُ على سطح البحر ببنائه القوارب التي تُمَكِّنه من القيام بذلك. في وقت لاحق، وجد سُبُلًا للنزول إلى الأجزاء الضحلة من قاع الأرض، حامِلًا معه الهواء الذي كان يحتاجه للتنفس؛ لأنه يُعَدُّ أحد الثدييات البرية غير المعتادة على الحياة المائية لفترة طويلة، ومتحركًا في سحر أعماق البحر الذي لم يستطع الدخول إليه، واستكشاف أعماقه، وألقى الشِبَاك ليَسْبِي حياته، واخترع عيونًا وآذانًا آليَّةً يمكن أن تعيد خلق لحواسه عالمًا فَقَدَه منذ زمن طويل، ولكن العالَمَ الذي – في أعمق جزء من عقله الباطن – لم ينسه كليًّا.

ومع ذلك؛ فقد عاد إلى المنبع العظيم فقط بشروطه الخاصة. إنه لا يستطيع التحكم في المحيط أو تغييره؛ لأنه، في فترة انتفاعه القصيرة على الأرض، تغلَّبَ على القارات ونهبها. ففي مدن العالم الزائف وبلداته، غالبًا ما ينسى الطبيعة الحقيقية لكوكبه والآفاق الطويلة لتاريخه،

حيث احتل وجود جنس الإنسان مجرد لحظة من الزمن. يتضح له الشعور بكل هذه الأشياء خلال رحلة طويلة عبر المحيط، عندما يشاهد يومًا بعد يوم حافة الأفق المتراجعة، الممتلئة والموجودة بالأمواج؛ عندما يدرك أثناء الليل دوران الأرض مع مرور النجوم في السماء؛ أو عندما يشعر وحده في عالم الماء والسماء هذا بعزلة الأرض في الفضاء. وبعد ذلك، كما لم يحدث على الأرض، يعرف حقيقة أن عالمَه هو عالم مائي، كوكب يهيمن عليه غطاء المحيط، حيث القارات ليست إلَّا انتهاكات عابرة في الأرض أعلى سطح البحر كليًّا.





شكل السطح

«لا أحد يعرف ما السر الخفي الفاتن المتعلق بهذا البحر، والذي يبدو أن حركته ممتلئة بالرهبة رويدًا تنطق بلسانٍ خفيٍّ عن روحٍ مختبئةٍ تحته»

هِرمان ملفيل (١٨١٩م: ١٨٩١م)

لا توجد في أي مكان في كل البحار الحياة في مثل هذه الوفرة المذهلة كما هو الحال في المياه السطحية. من سطح السفينة، قد تنظر إلى أسفل، ساعة بعد ساعة، على أقراص قنديل البحر المتلألئة، وأجراسها النابضة بلطف تنقط على السطح بقدر ما تراه. أو قد تلاحظ يومًا ما في الصباح الباكر أنك تمر عبر بحر اتخذ لونًا أحمر قرميدًا من ملايين من الكائنات المجهرية، كل منها يحتوي على حبيبات صبغة برتقالية. في الظهيرة، ما زلت تتحرك عبر البحار الحمراء، وعندما يحل الظلام، تتألق المياه بتوهج غريب من حرائق الفسفور لمليارات وتريليونات من هذه المخلوقات نفسها.

ومن جديد، قد لا تلمح فقط وفرة الحياة البحرية، ولكن أيضًا شيئًا ما من عدم المساومة الشرسة في الحياة البحرية عندئذٍ، وأنت تنظر من فوق السكة الحديدية ولأسفل، إلى أسفل في مياه خضراء صافية عميقة، فجأة يمر وابل فضي من الإصبع (سمك طويل)، حيث تضرب الشمس بريقًا معدنيًّا يخرج من جوانبها أثناء مرورها، متجهة إلى أعماق الأعماق الخضراء بسرعة الصيد الفائقة. ربما لا ترى الصيادين أبدًا، لكنك تشعر بوجودهم كما ترى طيور النورس تحوم، بصرخات حثيثة، ومنتظرة دفع السمكة الصغيرة إلى السطح.

ومن جديد، ربما، قد تبحر لأيام متتالية دون أن ترى أي شيء يمكن أن يشير إلى وجود حياة أو مؤشرات على الحياة، ويومًا بعد يوم من الماء الفارغ والسماء الخالية، قد تستنتج بوجهٍ معقول أنه لا توجد بقعة على وجه الأرض قَاحِلَةٌ من الحياة مثل محيط مفتوح. ولكن إذا أتيحت لك الفرصة لجَرِّ شبكة متماسكة عبر المياه التي تبدو بلا حياة، ثم فحص عملية غسل الشبكة، فستجد أن الحياة مبعثرة في كل مكان تقريبًا عبر المياه السطحية مثل الغبار الناعم. فقد يحتوي كوب من الماء على الملايين والملايين من الدياتومات، وهي خلايا نباتية صغيرة، كل واحدة منها أصغر من أن تراها العين البشرية، أو قد يكتظ بعدد لا حصر له من الكائنات الحيوانية، ليس أكبر من ذرة الغبار، التي تعيش على خلايا نباتية لا تزال أصغر منها.

وإذا كان بإمكانك أن تكون قريبًا من المياه السطحية للمحيط ليلًا، فستدرك أنها ستعيش مع عدد لا يُحصى من المخلوقات الغريبة التي لم يسبق لها مثيل نهارًا. إنهم على قيد الحياة بالمصابيح المتحركة للكائنات الصغيرة التي تشبه الجمبري التي تقضي ساعات النهار في كآبة المياه العميقة، ومع الأشكال الغامضة للأسماك الجائعة والأشكال الداكنة للحبَّار. وقد رأى عالم الإثنولوجيا النرويجي ثور هايردال هذه الأشياء، كما رآها عدد قليل من الرجال، أثناء رحلة واحدة من أكثر الرحلات غرابة في العصر الحديث. ففي صيف عام ١٩٤٧، انطلق هايردال

وخمسة من رفاقه مسافة ٤٣٠٠ ميل عبر المحيط الهادئ على مجموعة من جذوع البلسا، لاختبار نظرية مفادها أن السكان الأصليين في بولينيزيا ربما أتوا من أمريكا الجنوبية عبر طوافة. كانت مدة الرحلة ١٠١ يومًا وليلة، عاش هؤلاء الرجال عمليًّا على سطح البحر، مدفوعين بالرياح التجارية، محملين على الانجراف القوي للتيار الاستوائي، كجزء من حركة الرياح والمياه التي لا هوادة فيها غربًا مثل كائنات البحر نظرًا لفرصته الرائعة لمراقبة حياة السطح أثناء العيش كجزء فعلي منه لعدة أسابيع، وسألتُ السيد هايردال عن بعض انطباعاته، خاصةً عن البحر في الليل، وقد كتب لي على النحو التالي:

(ففي الليل، ولكن أحيانًا في وَضَحَ النهار، فهناك سِرْبٌ من الحبار الصغير ينطلق من الماء، مثل الأسماك الطائرة، وينزلق في الهواء بقدر يصل إلى ستة أقدام فوق السطح، حتى يفقد السرعة المتراكمة تحت الماء، ويسقط بلا حول ولا قوة. في رحلتهم أثناء الهبوط بأذرعه، كانوا يشبهون إلى حد كبير سمكة طائرة صغيرة من مسافة بعيدة، ولم يكن لدينا أي فكرة أننا رأينا أي شيء غير عادي حتى انطلق سريعًا حبار حي مباشرة إلى أحد أفراد الطاقم، وسقط على سطح السفينة. في كل ليلة تقريبًا، وجدنا واحدًا أو اثنين على سطح الكوخ أو على سطح كوخ من الخيزران.

كان انطباعي الواضح أن الحياة البحرية بوجهٍ عام كانت تتعمق في النهار أكثر مما كانت أثناء الليل، وأنه كلما كان الليل أكثر قتامة، زادت الحياة من حولنا. ففي فرصتين مختلفتين، جاء سمك الماكريل Gempylus، الذي لم يره الإنسان من قبل، باستثناء بقايا الهياكل العظمية التي جرفتها المياه إلى الشاطئ في أمريكا الجنوبية وجزر غالاباغوس، تقفز من الماء إلى أعلى مباشرة على الطوافة (مرة واحدة في الكوخ). والحقيقة أن الأسماك لم يرصدها أحدٌ من قبل، فإنني أميل إلى الشك في أنها سمكة في أعماق البحار لا تظهر على السطح إلا في الليل.

في الليالي المظلمة، كنا نرى الكثير من الحياة البحرية التي لم نتمكن من تحديدها. يبدو أنها أسماك أعماق البحار تقترب من السطح ليلًا. وعمومًا، رأينا أنها أجسام فسفورية غامضة، وغالبًا حجمها بحجم صحن وجبة العشاء وشكله، ولكن ليلة واحدة على الأقل على شكل ثلاثة أجسام ضخمة ذات شكل وأبعاد غير منتظمة ومتغيرة، والتي بدت وكأنها تفوق تلك الموجودة في الطوافة (Kon-Tiki) تقاس حوالي ٤٥ × ١٨ قدمًا). وبصرف النظر عن هذه الأجسام الكبيرة، لاحظنا أحيانًا كميات كبيرة من العوالق الفسفورية، غالبًا ما تحتوي على مجدافيات مضيئة يصل حجمها إلى ملليمتر أو أكثر).

مع هذه المياه السطحية، من خلال سلسلة من العلاقات المتشابكة المعدلة بدقة، ترتبط حياة جميع أجزاء البحر. ما يحدث للدياتوم في الطبقات العلوية المضاءة بنور الشمس من البحر قد يحدد جيدًا ما يحدث لسمك القد الذي يرقد على حافة بعض الوديان الصخرية أسفله مائة قامة، أو في طبقة من الديدان البحرية متعددة الألوان والرائعة التي تغمر المياه الضحلة، أو إلى الجمبري الذي يزحف فوق الرواسب الطرية في قاع البحر في سواد المياه العميقة.

إن أنشطة الأعشاب المجهرية البحرية، والتي تعتبر الدياتومات أهم منها، تجعل الثروة المعدنية للمياه متاحة للحيوانات. فتتغذى مباشرة على الدياتومات والمجموعات الأخرى من الطحالب وحيدة الخلية الدقيقة، وهي الطحالب البحرية، والعديد من القشريات، وصغار السرطانات، والبرنقيل، وديدان البحر، والأسماك. ومجموعة من الحيوانات آكلة اللحوم الصغيرة – الحلقة الأولى في سلسلة أكلة اللحم – تتنقل بين هؤلاء الرعاة المسالمين. هناك تنانين (جمع تنين) صغيرة شرسة يبلغ طولها نصف بوصة، وهي ديدان الأسهم ذات الفك الحاد. كما أن هناك حلوى هلامية المشط التي تشبه عنب الثعلب، مسلحة بمخالب الإمساك بالفريسة، وهناك أنواع euphausiids التي تشبه الجمبري، والتي تصرف الطعام من الماء مع أطرافها

الخشنة؛ نظرًا لأنهم ينجرفون إلى حيث تحملهم التيارات، دون قوة أو إرادة لمعارضة البحر، فإن هذا المجتمع الغريب من الكائنات البحرية ونباتاته التي تحافظ عليها يُطلق عليه اسم (العوالق)، وهي كلمة مشتقة من اليونانية، وتعني (تجول).

ومن العوالق إلى القطيع المائي للأسماك التي تتغذى على العوالق مثل سمك الرنجة، والمنهادين[1] ، والماكريل؛ إلى الأسماك الآكلة للأسماك مثل السمكة الزرقاء والتونة وأسماك القرش، ثم إلى الحبار السطحي الذي يتغذى على الأسماك، ثم إلى الحيتان الكبيرة التي قد تعيش على الأسماك أو الجمبري أو على بعض أصغر الكائنات من العوالق، وفقًا لأنواعها ولكن ليس وفقًا لحجمها.

ومن أنه قد يبدو لنا غير محدد ولا تتبع مساره، فإن سطح المحيط مقسم إلى مناطق محددة، ويتحكم نمط المياه السطحية في توزيع حياتها. وترتبط الأسماك والعوالق والحيتان والحبار والطيور والسلاحف البحرية جميعها بعلاقات غير قابلة للكسر بأنواع معينة من الماء – بالماء الدافئ أو الماء البارد، أو المياه النقية أو العكرة، أو المياه الغنية بالفوسفات أو السيليكات. وفيما يتعلق بالحيوانات الأعلى في سلاسل الغذاء، تكون الروابط أقل مباشرة؛ لأنهم ملزمون بالماء حيث يكون طعامهم وفيرًا، والحيوانات الغذائية هناك لأن ظروف المياه مناسبة.

قد يكون التغيير من منطقة إلى منطقة مفاجئًا. وقد يكون التغيير غير مرئي بالنسبة لنا، حيث تعبر سفينتنا ليلًا خطًّا حدوديًّا غير مرئي. فكان تشارلز داروين على متن عبرت السفينة بيغل ذات ليلة مظلمة قبالة سواحل أمريكا الجنوبية من المياه الاستوائية متجهةً إلى تلك الموجودة في الجنوب البارد. وعلى الفور، أُحِيطَتْ السفينة بالعديد من الفقمات وطيور البطريق،

(1) المنهادين: هو جنس من الأسماك التي يتبع فصيلة الرنجة من رتبة الصابوغيات.

مما أحدث هرجًا ومَرَجًا من الضوضاء الغريبة التي خدعتْ الضابط الذي كان يراقبها ليظن أن السفينة، من خلال بعض الحسابات الخاطئة، كانت تجري بالقرب من الشاطئ، وأن الأصوات التي سمعها كانت خوارًا للماشية.

وفيما يتعلق بالإدراكات البشرية، فإن الشكل الأكثر وضوحًا للمياه السطحية يُشار إليه بلون ما. فالمياه الزرقاء العميقة للبحر المفتوح بعيدًا عن الأرض هي لون الفراغ والعتمة، والمياه الخضراء للمناطق الساحلية، بمختلف ألوانها، هي لون الحياة، والبحر أزرق اللون؛ لأن ضوء الشمس ينعكس على أعيننا من جزيئات الماء أو من جزيئات دقيقة جدًّا معلقة في البحر. في رحلة أشعة الضوء إلى المياه العميقة، تُمْتَصُّ جميع الأشعة الحمراء ومعظم الأشعة الصفراء من الطيف، لذلك عندما يعود الضوء إلى أعيننا، فإن الأشعة الزرقاء الباردة هي التي نراها بوجهٍ رئيسٍ. وعندما تكون المياه غنية بالعوالق، فإنها تفقد الشفافية الزجاجية التي تسمح بهذا الاختراق العميق لأشعة الضوء. وتُشتق الألوان الصفراء والبنية والخضراء للمياه الساحلية من الطحالب الدقيقة والكائنات الحية الدقيقة الأخرى المتوافرة بكثرة هناك. قد تسبب الوفرة الموسمية لأشكال معينة تحتوي على أصباغ حمراء أو بنية اللون (المياه الحمراء) المعروفة منذ العصور القديمة في أجزاء كثيرة من العالم، وهي شائعة جدًّا في هذه الحالة في بعض البحار المغلقة لدرجة أنهم يدينون لها بأسمائهم – البحر الأحمر – ومن الأمثلة على ذلك البحر القرمزي.

إن ألوان البحر ليست سوى علامات غير مباشرة على وجود أو عدم وجود الظروف اللازمة لدعم الحياة السطحية، فالمناطق الأخرى، غير المرئية بالعين المجردة، هي تلك التي تحدد – إلى حد كبير – المكان الذي قد تعيش فيه الكائنات البحرية. والبحر ليس بأي حال من الأحوال حلًّا موحدًا للمياه. فأجزاء منه أكثر ملوحة من غيرها، وأخرى أكثر دفئًا أو برودةً.

وأكثر مياه المحيط ملوحة في العالم هي مياه البحر الأحمر، حيث تنتج الشمس الحارقة والحرارة الشديدة للغلاف الجوي تبخرًا سريعًا لدرجة أن محتوى الملح يصل إلى ٤٠ جزءًا في الألف. ويُعَدُّ بحر سارجاسو، منطقة ترتفع فيها درجات حرارة الهواء، ولا تتلقى أي تدفق لمياه النهر أو ذوبان الجليد بسبب بُعده عن الأرض، والجزء الأكثر ملوحة من المحيط الأطلسي، والذي يُعَدُّ بدوره أكثر المحيطات ملوحةً. والبحار القطبية، كما يتوقع المرء، هي الأقل ملوحة؛ لأنها تخفف باستمرار بسبب المطر والثلج وذوبان الجليد. وعلى طول ساحل المحيط الأطلسي للولايات المتحدة الأمريكية، تتراوح الملوحة من حوالي ٣٣ جزءًا في الألف قبالة كيب كود إلى حوالي ٣٦ قبالة فلوريدا، وهو فرق يمكن إدراكه بسهولة لإدراكات البشر.

كما تتراوح درجات حرارة المحيط من حوالي ٢٨ درجة فهرنهايت في البحار القطبية إلى ٩٦ درجة في الخليج الفارسي، الذي يحتوي على أكثر مياه المحيط سخونة في العالم. وأما مخلوقات البحر، التي يجب أن تتطابق في أجسامها مع درجة حرارة المياه المحيطة بجسمها، مع استثناءات قليلة، فإن هذا النطاق هائل، وربما يكون تغير درجة الحرارة هو الشرط الوحيد الأكثر أهمية الذي يتحكم في توزيع الحيوانات البحرية.

تُعَدُّ الشعاب المرجانية الجميلة مثالًا رائعًا على الطريقة التي يمكن بها إنشاء المناطق الصالحة للسكن لأي فئة معينة من الكائنات من خلال معرفة درجات الحرارة. وإذا التقطت خريطة للعالم ورسمت خطًّا بزاوية ٣٠ درجة شمال خط الاستواء، وزاوية ٣٠ درجة أخرى جنوبًا، فإنك قد حددت بوجه عام المياه التي توجد فيها الشعاب المرجانية في الوقت الحالي. صحيح أنه اكْتُشِفَتْ بقايا الشعاب المرجانية القديمة في مياه القطب الشمالي، لكن هذا يعني أنه في بعض العصور الماضية كان مناخ هذه البحار الشمالية استوائيًّا. ويمكن تشكيل الهيكل الجيري للشعاب المرجانية فقط في الماء الدافئ على الأقل ٧٠ درجة فهرنهايت. وسيتعين علينا

أن نجعل امتدادًا واحدًا شمالًا لخريطتنا، حيث يحمل تيار الخليج الماء الدافئ بدرجة كافية للشعاب المرجانية إلى برمودا، عند خط العرض ٣٢٠ شمالًا. ومن ناحية أخرى، داخل حزامنا الاستوائي، سيتعين علينا محو مساحات كبيرة على السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية وإفريقيا، حيث يمنع تصاعد المياه الباردة من مستويات المحيط المنخفضة نمو الشعاب المرجانية. لا توجد شعاب مرجانية في معظم الساحل الشرقي لفلوريدا بسبب تيار شاطئي بارد يمتد جنوبًا بين الساحل وخليج ستريم.

وكما هو الحال بين المناطق الاستوائية والقطبية، فإن الاختلافات في أنواع ووفرة الحياة هائلة. تعمل درجات الحرارة الدافئة في المناطق الاستوائية على تسريع عمليات التكاثر والنمو، بحيث يُنْتَجُ العديد من الأجيال في الوقت المطلوب لتحقيق النضج في البحار الباردة. هناك فرصة أكبر لإنتاج الطفرات الجينية في غضون فترة زمنية معينة؛ ومن هنا جاء التنوع المذهل للحياة الاستوائية. ومع ذلك، في أي نوع، يوجد عدد أقل بكثير من الأفراد في المناطق الباردة، حيث يكون المحتوى المعدني للمياه أكثر ثراءً، ولا توجد أسراب كثيفة من العوالق السطحية، مثل مجدافيات الأرجل في القطب الشمالي. وتعيش الأشكال السطحية، أو السباحة الحرة، في المناطق المدارية على عمق أعمق من تلك الموجودة في المناطق الباردة، وبالتالي؛ هناك طعام أقل للمغذيات السطحية الكبيرة. لذلك، في المناطق الاستوائية، لا تقارن الطيور البحرية بكثرة بطيور الشيروتر، وطيور كاسرة العظام، وطيور الأوك، وطيور القطرس، والطيور الأخرى التي شوهدت في مناطق الصيد في أقصى الشمال أو أقصى الجنوب.

في مجتمعات المياه الباردة في البحار القطبية، عدد أقل من الحيوانات لديها يرقات تسبح. جيل بعد جيل يستقر بالقرب من الوالدين، بحيث يمكن تغطية مساحات واسعة من القاع بسلالة عدد قليل جدًّا من الحيوانات. في بحر بارنتس، أحضرت سفينة أبحاث ذات مرة أكثر

من طن من الإسفنج السليكوني في مسافة واحدة، وبقع هائلة من نوع واحد من طبقة الديدان الحلقية على الساحل الشرقي لسبيتسبيرغن. وتملأ مجدافيات الأرجل والقواقع السابحة المياه السطحية للبحار الباردة، وتجذب الرنجة والماكريل وأسراب الطيور البحرية والحيتان والفقمات.

إذن؛ في المناطق الاستوائية، تكون الحياة البحرية كثيفة وحيوية ومتنوعة بطريقة لا نهائية. ففي البحار الباردة، يتقدم بوتيرة بطيئة بسبب المياه الجليدية التي توجد فيها، لكن الثراء المعدني لهذه المياه (نتيجة الانقلاب الموسمي وما يترتب على ذلك من اختلاط) يجعل من الممكن الوفرة الهائلة للأشكال التي تعيش فيها. ولسنوات عديدة جيدة، قيل بطريقة قطعية إن الإنتاجية الإجمالية للبحار المعتدلة والقطبية الباردة أكبر بكثير من الاستوائية. فأصبح من الواضح الآن أن هناك استثناءات مهمة لهذا البيان. وفي بعض المياه الاستوائية وشبه الاستوائية، توجد مناطق تنافس فيها وفرة الحياة غراند بانكس، أو بحر بارنتس، أو أي منطقة لصيد الحيتان في أنتاركتيكا. ربما يكون أفضل الأمثلة هو تيار هومبولت، قبالة الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، وتيار بنغيلا، قبالة الساحل الغربي لإفريقيا. وفي كلا التيارين، فإن تصاعد المياه الباردة الغنية بالمعادن من الطبقات العميقة من البحر توفر العناصر المخصبة للحفاظ على سلاسل الغذاء الكبيرة.

وحيثما يلتقي تياران، خاصة إذا كانا يختلفان بطريقة حادة في درجة الحرارة أو الملوحة، فهناك مناطق اضطراب وهيجان كبير، مع غرق أو ارتفاع المياه من الأعماق مع تغير الدوامات وخطوط الرغوة على السطح. في مثل هذه الأماكن، يكشف ثراء الحياة البحرية ووفرتها عن نفسها بأسلوب لافت للنظر. فهذه الحياة المتغيرة، التي يُنظر إليها على أنها سفينته تقطع ممرات

التيارات العظيمة في المحيط الهادئ والمحيط الأطلسي، وصفها إس. سي. بروكس بتفاصيل دقيقة:

(في غضون بضع درجات من خط الاستواء، تصبح غيوم الركام المتناثرة أكثر سمكًا ورماديةً، ويتكون الانتفاخ المرتبك، وتأتي نوبات المطر وتذهب، وتظهر الطيور. في البداية، لا يوجد سوى وفرة أكبر من طيور النوء العاصفة، مع وجود أنواع أخرى من طيور النوء هنا وهناك تصطاد على طول غير مبالية تمامًا بالسفينة، أو مجموعات صغيرة من الطيور الاستوائية التي تطير مع السفينة، إلى جانب واحد أو فوقها مرتفعًا. ثم تظهر مجموعات متناثرة من طيور النوء المختلفة، وأخيرًا، لمدة ساعة أو ساعتين، توجد طيور في كل يد. إذا لم يكن المرء بعيدًا جدًّا عن الأرض، بل على بعد بضع مئات من الأميال في الهضبة، كما في حالة الانجراف الاستوائي الجنوبي شمال Marquesas، فقد يرى المرء أيضًا عددًا كبيرًا من الخرشنوات السخامية [1] أو المتوج. من حين لآخر، ويرى المرء الشكل الأزرق الرمادي لسمكة قرش ينزلق على طول، أو رأس مطرقة كبير بني مائل إلى الأرجواني يتدحرج بطريقة بطيئة كما لو كان يحاول الحصول على رؤية أفضل للسفينة. والأسماك الطائرة، رغم أنها ليست موضعية بطريقة وثيقة مثل الطيور، فإنها تخترق الماء كل بضع ثوان، وتفتن الناظر بأحجامها وأشكالها الغريبة التي لا تعد ولا تحصى، وأنماطها المحيرة، وظلالها من البني الغامق والأزرق العقيق والأصفر والأرجواني. ثم تشرق الشمس مرة أخرى، ويأخذ البحر لونه الأزرق الاستوائي العميق، وتصبح الطيور أكثر ندرة، وبالتدريج، مع تقدم السفينة، يستأنف المحيط مظهره الصحراوي.

(1) الخرشنوات: هي أسرة من الطيور تتبع فصيلة النورسية من رتبة الزقزاقيات.

إذا كان نهارًا طوال الوقت، فقد يُرى هذا التسلسل نفسه بطريقة لافتة للنظر، إلى حد ما، مرتين أو ربما ثلاث أو أربع مرات، فسرعان ما يكشف التحقيق أن هذا التسلسل يشير إلى وقت اجتياز حافة أحد التيارات العظيمة . . .

في ممرات السفن في شمال الأطلسي، تُعْرَضُ نفس المسرحية مع ممثلين مختلفين. فبدلًا عن التيارات الاستوائية، هناك تيار الخليج واستمراره، شمال المحيط الأطلسي، والتيار المتجمد الشمالي. وبدلًا عن الخلط بين الانتفاخ وهطول المطر، هناك بقع وضباب. وتُسْتَبْدَلُ اليايجر والسكواس بالطيور الاستوائية، وأنواع مختلفة من مجموعة طائر النوء، عادة ما يُتَحَدَّثُ عنها هنا على أنها طيور الشيروتر، وطيور كاسرة العظام، تطير أو تسبح، غالبًا في قطعان كبيرة . . . هنا، أيضًا، ربما، يرى المرء عددًا أقل من أسماك القرش والمزيد من خنازير البحر تتسابق مع انقطاع المياه أو تتعجل بإصرار، قطيع بعد قطيع، يتجه نحو هدف لا يمكن التنبؤ به. إن اللونين الأبيض والأسود الوامض لحيتان الأوركا الصغيرة، أو الطفرة المفاجئة البعيدة والانجراف البطيء لحوت الحوت ، يضفيان الحياة على الماء ، كما تفعل السلوكيات الغريبة للأسماك الطائرة، على الرغم من أنها من موطنها التقليدي في المناطق الاستوائية . . . يمكن للمرء أن يمر من المياه الزرقاء للجدول، مع الأعشاب الخليجية العائمة (Sargassum)، وربما هنا وهناك طفو قزحي الألوان لرجل حرب برتغالي، إلى المياه الرمادية الخضراء للتيار المتجمد الشمالي مع الآلاف من قنديل البحر، وفي غضون ساعات قليلة يعود مرة أخرى إلى التيار. في كل مرة، على الهامش، من المرجح أن يرى المرء العرض السطحي لوفرة الحياة التي جعلت غراند بانكس واحدةٌ من أكبر مصايد الأسماك في العالم) [1].

([1]) كتاب (The Condor) – جزء ٣٦ – صفحة ٥ – سنة ١٩٣٤.

مناطق وسط المحيط، التي تحدها التيارات التي تجتاح أحواض المحيط، هي بوجه عام صحاري البحر. وهناك عدد قليل من الطيور والأسماك التي تتغذى على السطح، وفي الواقع هناك القليل من العوالق السطحية لجذبها. وتقتصر حياة هذه المناطق إلى حد كبير على المياه العميقة. ويُعَدُّ بحر سارجاسو استثناءً، لا يضاهيه في المراكز المضادة للأعاصير في أحواض المحيطات الأخرى. إنه مختلف تمامًا عن أي مكان آخر على وجه الأرض لدرجة أنه يمكن اعتباره منطقة جغرافية محددة. خط مرسوم من مصب خليج تشيسابيك إلى جبل طارق يلتف حول حدوده الشمالية، دولة أخرى من هايتي إلى داكار ستضع حدودها الجنوبية. يقع كل شيء حول برمودا ويمتد لأكثر من منتصف الطريق عبر المحيط الأطلسي، حيث تبلغ مساحتها بأكملها تقريبًا مساحة الولايات المتحدة. إن بحر سارجاسو، بكل ما فيه من رعب أسطوري للسفن الشراعية، هو ابتكار للتيارات العظيمة لشمال الأطلسي التي يطوقها ويجلب إليه ملايين الأطنان من أعشاب السرجسوم العائمة التي اشتق المكان منها اسمه، وجميع مجموعة غريبة من الحيوانات التي تعيش في الحشائش.

سارجاسو مكان منسي بفعل الرياح، ولم يزعجه التدفق القوي للمياه التي تحيط به مثل النهر. تحت سماء نادرة، تكون مياهها دافئة وثقيلة بالملح. وبفصلها بأسلوب كبير عن الأنهار الساحلية وعن الجليد القطبي، لا يوجد تدفق للمياه العذبة لتخفيف ملوحتها؛ فالتدفق الوحيد هو المياه المالحة من التيارات المجاورة، خاصة من تيار الخليج أو تيار شمال الأطلسي أثناء عبوره من أمريكا إلى أوروبا. وبسبب تدفقات المياه السطحية القليلة المتدفقة إلى الداخل، تأتي النباتات والحيوانات التي جرفت في تيار الخليج لأشهر أو سنوات.

إن أعشاب السرجسوم هي طحالب بنية تنتمي إلى عدة أنواع. تعيش كميات من الحشائش مرتبطة بالشعاب المرجانية أو النتوءات الصخرية قبالة سواحل جزر الهند الغربية

وفلوريدا. تمزق العديد من النباتات بفِعل العواصف، خاصة أثناء موسم الأعاصير. ويجتذبهم تيار الخليج، ثم ينجرفون شمالًا. ومع ذهاب الحشائش، كما لو كانوا ركابًا لا إرادة لهم، فالعديد من الأسماك الصغيرة، وسرطان البحر، والروبيان، ويرقات لا حصر لها من أنواع متنوعة من الكائنات البحرية، التي كان موطنها الضفاف الساحلية لعشبة السرجسوم.

تحدث أشياء غريبة للحيوانات التي ركبت عشب السرجسوم في منزل جديد. بمجرد أن عاشوا بالقرب من حافة البحر، على بعد بضعة أقدام أو بضع قامات تحت السطح، ولكن ليس فوق قاع ثابت. كانوا يعرفون الحركات الإيقاعية للأمواج والمد والجزر. يمكنهم ترك مأوى الأعشاب الضارة كما يحلو لهم والزحف أو السباحة فوق القاع بحثًا عن الطعام. الآن، في وسط المحيط، هم في عالم جديد. يقع القاع على بعد ميلين أو ثلاثة أميال تحتها. أولئك الذين هم سباحون فقراء يجب أن يتشبثوا بالأعشاب الضارة، التي تمثل الآن طوافة نجاة، تدعمهم فوق الهاوية. على مر العصور، منذ أن جاء أسلافهم إلى هنا، طورت بعض الأنواع أعضاء خاصة للتعلق، إما لأنفسهم أو لبيضهم، حتى لا يغرقوا في المياه الباردة والمظلمة أدناه. تصنع الأسماك الطائرة أعشاشًا من الحشائش لاحتواء بيضها، والتي تشبه بأسلوب مذهل عوامات السرجسوم أو تيريز.

في الواقع، يبدو أن العديد من الوحوش البحرية الصغيرة في الغابة العشبية تلعب لعبة تمويه متقنة يتم فيها تمويه كل منها لإخفائها عن الآخرين. البزاقة البحرية في سارجاسو، حلزون بدون صدفة، لها بقعة بنية ناعمة وعديمة الشكل، تتخللها دوائر ذات حواف داكنة ومهدبة برقائق وطيات من الجلد، بحيث تزحف على الحشائش بحثًا عن فريسة تميز عن الغطاء النباتي. واحدة من أشرس آكلات اللحوم في المكان، وهي سمكة السرجسوم، نسختْ سعف الأعشاب المتفرعة وتوتها الذهبي ولونها البني الغني وحتى النقاط البيضاء لأنابيب الديدان

المغطاة بأقصى قدر من الدقة. كل هذه القطع المتقنة من المحاكاة هي مؤشرات على الحروب الداخلية الشرسة في أدغال بحر سارجاسو، والتي تستمر دون رحمة للضعفاء أو غير الحذرين.

وفي علم البحار، كان هناك جدل طويل الأمد حول أصل الحشائش المنجرفة في بحر سارجاسو. يعتقد البعض أن الإمدادات يُحَافَظُ عليها من خلال الأعشاب الضارة التي أُزِيلَتْ مؤخرًا من الطبقات الساحلية، يقول آخرون إن حقول السرجسوم المحدودة نوعًا ما في جزر الهند الغربية وفلوريدا لا يمكن أن توفر مساحة هائلة من بحر سارجاسو. إنهم يعتقدون أننا نجد هنا مجتمعًا مستدامًا ذاتيًّا من النباتات التي أصبحت تتكيف مع الحياة في البحر المفتوح، ولا تحتاج إلى جذور أو ثبات للتعلق، وقادرة على التكاثر نباتيًّا. ربما هناك حقيقة في كلا الفكرتين. ثم تأتي النباتات الجديدة كل عام بأعداد صغيرة وتغطي الآن مساحة شاسعة بسبب عمرها الطويل جدًّا بمجرد وصولها إلى هذه المنطقة الوسطى الهادئة من المحيط الأطلسي.

تستغرق النباتات التي تمزقها غرب الهند حوالي نصف عام للوصول إلى الحدود الشمالية لبحر سارجاسو، وربما عدة سنوات حتى تُنْقَلُ إلى الأجزاء الداخلية من هذه المنطقة. وفي الوقت نفسه، اجتاح البعض شواطئ أمريكا الشمالية بسبب العواصف، وقُتِلَ آخرين بسبب البرد أثناء المرور من نيو إنجلاند البحرية عبر المحيط الأطلسي، حيث يتلامس تيار الخليج مع المياه من القطب الشمالي. وبالنسبة للنباتات التي تصل إلى هدوء سارجاسو، هناك خلود افتراضي. لقد اقترح ألبرت إيدي بار من المتحف الأمريكي مؤخرًا أن النباتات الفردية قد تعيش، بعضها لعقود، والبعض الآخر لقرون، وفقًا لنوعها. وقد تكون بعض الأعشاب الضارة التي قد تراها إذا زرت المكان اليوم قد شاهدها كولومبوس ورجاله. هنا، في قلب المحيط الأطلسي، تنجرف الأعشاب إلى ما لا نهاية، وتنمو وتتكاثر نباتيًّا عن طريق عملية

التفتت. فمن الواضح أن النباتات الوحيدة التي تموت تقريبًا هي تلك التي تنجرف إلى ظروف غير مواتية حول حواف بحر سارجاسو أو تلتقطها التيارات الخارجة.

هذه الخسائر متوازنة، أو ربما تكون أكثر بقليل من التوازن، من خلال الإضافة السنوية للأعشاب الضارة من السواحل البعيدة. لا بُدَّ أن الأمر استغرق دهورًا من الوقت لتجميع الكميات الهائلة الحالية من الحشائش، والتي يقدرها ألبرت إيدي بار بحوالي ١٠ ملايين طن. لكن هذا بالطبع موزع على مساحة كبيرة بحيث أن معظم نهر سارجاسو عبارة عن مياه مفتوحة. لم تكن حقول الأعشاب الكثيفة التي تنتظر فخ سفينة موجودة إلا في خيال البحَّارة، والكتل القاتمة من السفن المحكوم عليها بالانجراف اللانهائي في الأعشاب المتشبثة ليست سوى أشباح لأشياء لم تكن قط.





عام التغيير

«عودة فصول السنة»

ميلتون

بالنسبة للبحر ككل، فإن تعاقب النهار والليل، ومرور الفصول، وتوالي السنين، ضاع في اتساعه، وطمس في أبديه الذي لا يتغير. لكن المياه السطحية مختلفة. فوجه البحر يتغير دائمًا. مرت عليه الألوان والأضواء والظلال المتحركة، المتلألئة في الشمس، الغامضة في الشفق، تختلف جوانبها وحالاتها المزاجية ساعة بساعة. وتتحرك المياه السطحية مع المد والجزر، وتثير أنفاس الرياح، وترتفع وتنخفض حسب أشكال الأمواج المتسارعة التي لا تنتهي. والأهم من ذلك كله، أنها تتغير مع تقدم الفصول. يتحرك الربيع فوق الأراضي المعتدلة في نصف الكرة الشمالي لدينا في موجة من الحياة الجديدة، من دفع البراعم الخضراء والبراعم المتفتحة، وكل أسرارها ومعانيها ترمز إلى هجرة الطيور شمالًا، وإيقاظ الحياة البرمائية الراكدة مثل جوقة الضفادع ترتفع مرة أخرى من الأراضي الرطبة، ويختلف صوت الريح الذي يحرك الأوراق الصغيرة حيث كان قبل شهر يهز الأغصان العارية. فنربط هذه الأشياء بالأرض، ومن السهل

أن نفترض أنه في البحر لا يمكن أن يكون هناك مثل هذا الشعور بتقدم الربيع. لكن العلامات موجودة، وتُرى بالعين، فإنها تجلب نفس الإحساس السحري بالنهضة.

في البحر، كما على اليابسة، الربيع هو وقت تجديد الحياة. خلال أشهر الشتاء الطويلة في المناطق المعتدلة تمتصُ المياهُ السطحيةُ البردَ. والآن يبدأ الماء الثقيل في الغرق، وينزلق لأسفل ويزيل الطبقات الأكثر دفئًا ويتركه أدناه. تراكمت مخازن غنية من المعادن على أرضية الجرف القاري – بعضها ينقل عبر الأنهار من الأراضي، وبعضها مشتق من مخلوقات بحرية ماتت وانجرفت بقاياها إلى القاع، وبعضها من الأصداف التي كانت تغلف المشطورة ذات مرة، أو البروتوبلازم المتدفق للراديولاري، أو الأنسجة الشفافة لجناحية الأرجل. لا يهدر شيء في البحر. ويُسْتَخْدَمُ كل جزء من مادة مرارًا وتكرارًا، أولًا عبر مخلوق واحد، ثم مخلوق آخر. وعندما تُحَرَّكُ المياه بعمق في فصل الربيع، تجلب المياه السفلية الدافئة إلى السطح إمدادًا غنيًّا بالمعادن، جاهزة للاستخدام في أشكال جديدة من الحياة.

مثلما تعتمد النباتات البرية في نموها على المعادن الموجودة في التربة، فإن كل نبات بحري، حتى أصغرها، يعتمد على الأملاح أو المعادن الموجودة في مياه البحر. يجب أن تحتوي الدياتومات على مادة السيليكا، والتي تتكون منها أصدافها الرقيقة. وبالنسبة لهذه النباتات الدقيقة وجميع النباتات الدقيقة الأخرى، يعد الفوسفور معدنًا لا غنى عنه. وبعض هذه العناصر غير متوفر، وقد تنخفض في الشتاء إلى دون الحد الأدنى الضروري للنمو. يجب أن يتدحرج عدد الدياتومات خلال هذا الموسم بأفضل ما يمكن. إنها تواجه مشكلة صارخة في البقاء على قيد الحياة، مع عدم وجود فرصة للزيادة، ومشكلة الحفاظ على بقائها حية من خلال تشكيل أبواغ واقية قوية ضد قسوة الشتاء، وهي مسألة وجودها في حالة نائمة لا يجب فيها تقديم أي مطالب بيئية تحجب بالفعل كل ضروريات الحياة باستثناء ضروريات الحياة الضئيلة.

لذا؛ فإن الدياتومات تحتفظ بمكانها في بحر الشتاء، مثل بذور القمح في حقل تحت الثلج والجليد، والبذور التي سيأتي منها الربيع.

هذه، إذن، هي عناصر التفتح الربيعي للبحر: (بذور) النباتات الخاملة، والمواد الكيميائية المخصبة، ودفء شمس الربيع.

في صحوة مفاجئة، لا تصدق في سرعتها، تبدأ أبسط نباتات البحر في التكاثر. وزيادتها ذات أبعاد فلكية. ينتمي بحر الربيع في البداية إلى الدياتومات وإلى الحياة النباتية المجهرية الأخرى للعوالق. في قوتها أثناء نموها وانتشارها، فإنها تغطي مساحات شاسعة من المحيط بغطاء حي من خلاياها. قد يظهر ميل بعد ميل من الماء باللون الأحمر أو البني أو الأخضر، ويتخذ السطح بالكامل لون حبيبات الصباغ المتناهية الصغر الموجودة في كل خلية من الخلايا النباتية.

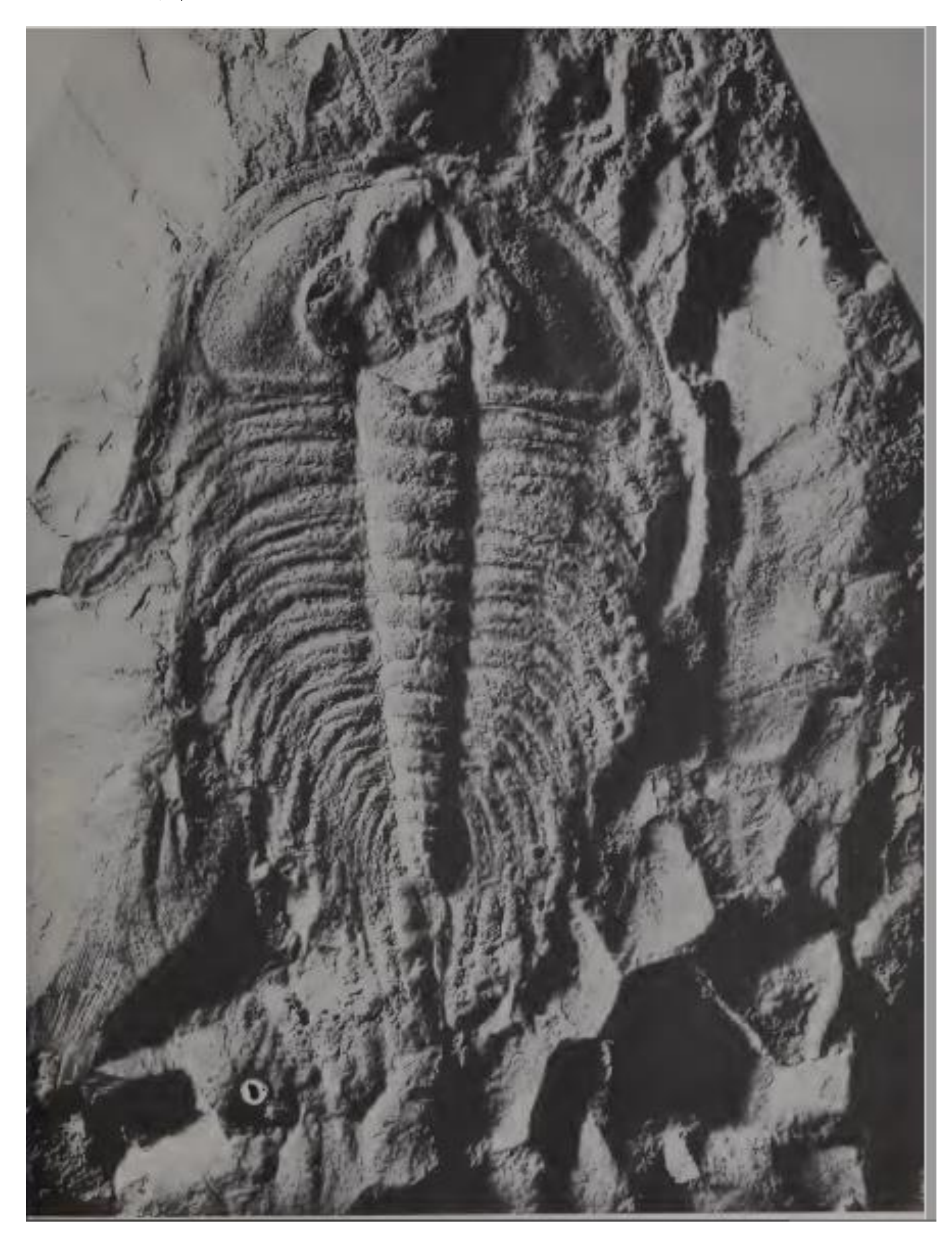
فالنباتات لها نفوذ بلا منازع في البحر لفترة قصيرة فقط. في الحال تقريبًا، يقابل اندفاعهم الخاص في التكاثر زيادة مماثلة في الحيوانات الصغيرة من العوالق. إنه وقت تفريخ مجدافيات الأرجل والدودة الزجاجية والجمبري البحري والحلزون المجنح. تتجول أسراب جائعة من هذه الوحوش الصغيرة من العوالق عبر المياه، وتتغذى على النباتات الوفيرة وتقع فريسة للمخلوقات الأكبر حجمًا. والآن في الربيع تصبح المياه السطحية مشتلًا واسعًا. ومن التلال والوديان على حافة القارة الواقعة في الأسفل، ومن المياه الضحلة والضفاف المتناثرة، يظهر بيض أو صغار العديد من حيوانات القاع إلى سطح البحر. حتى أولئك الذين، في مرحلة النضج، سيغوصون في حياة مستقرة في القاع، ويقضون الأسابيع الأولى من حياتهم مثل صيادي العوالق يسبحون بحرية. لذلك؛ مع تقدم الربيع، تظهر دفعات جديدة من اليرقات إلى

السطح كل يوم، ويختلط صغار الأسماك وسرطان البحر وبلح البحر والديدان الأنبوبية لبعض الوقت مع الأعضاء المنتظمة للعوالق.

وفي ظل الإطعام المستمر بشراهة، سرعان ما يستنفدوا الأراضي العشبية على السطح. وتصبح الدياتومات أكثر ندرة، ومعها النباتات البسيطة الأخرى. لا تزال هناك دفعات قليلة من شكل أو آخر، عندما يتعلق الأمر بعربدة مفاجئة من الانقسام الخلوي للمطالبة بمناطق كاملة من البحر بمفردها. لذلك، لبعض الوقت في كل ربيع، قد تتلطخ المياه بكتل بنية تشبه الهلام، وتخرج شباك الصيادين وهي تقطر من الوحل البني ولا تحتوي على سمكة؛ لأن الرنجة قد ابتعدت عن هذه المياه كما لو كانت تشمئز من اللزوجة، والطحالب كريهة الرائحة. ولكن في وقت أقل من الوقت الذي يمر بين اكتمال القمر وطوره الجديد، يكون الإزهار الربيعي للفيوسيستيس [1] قد مضى وتُطَهَّرُ المياه مرة أخرى.

---

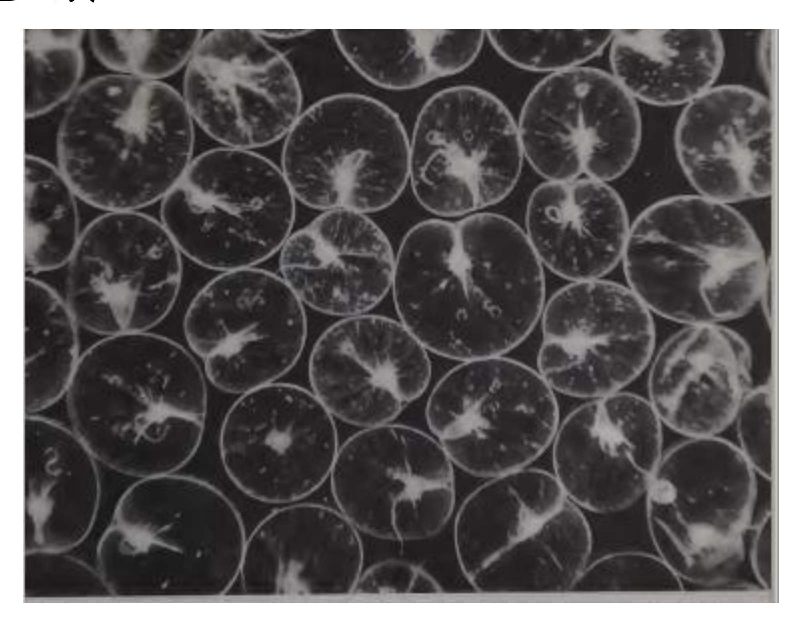
[1] هو جنس من الطحالب التي تنتمي إلى فئة Prymnesiophyte.



بقايا أحفورية لثلاثية الفصوص، وهي قشريات قديمة في البحار الكامبري



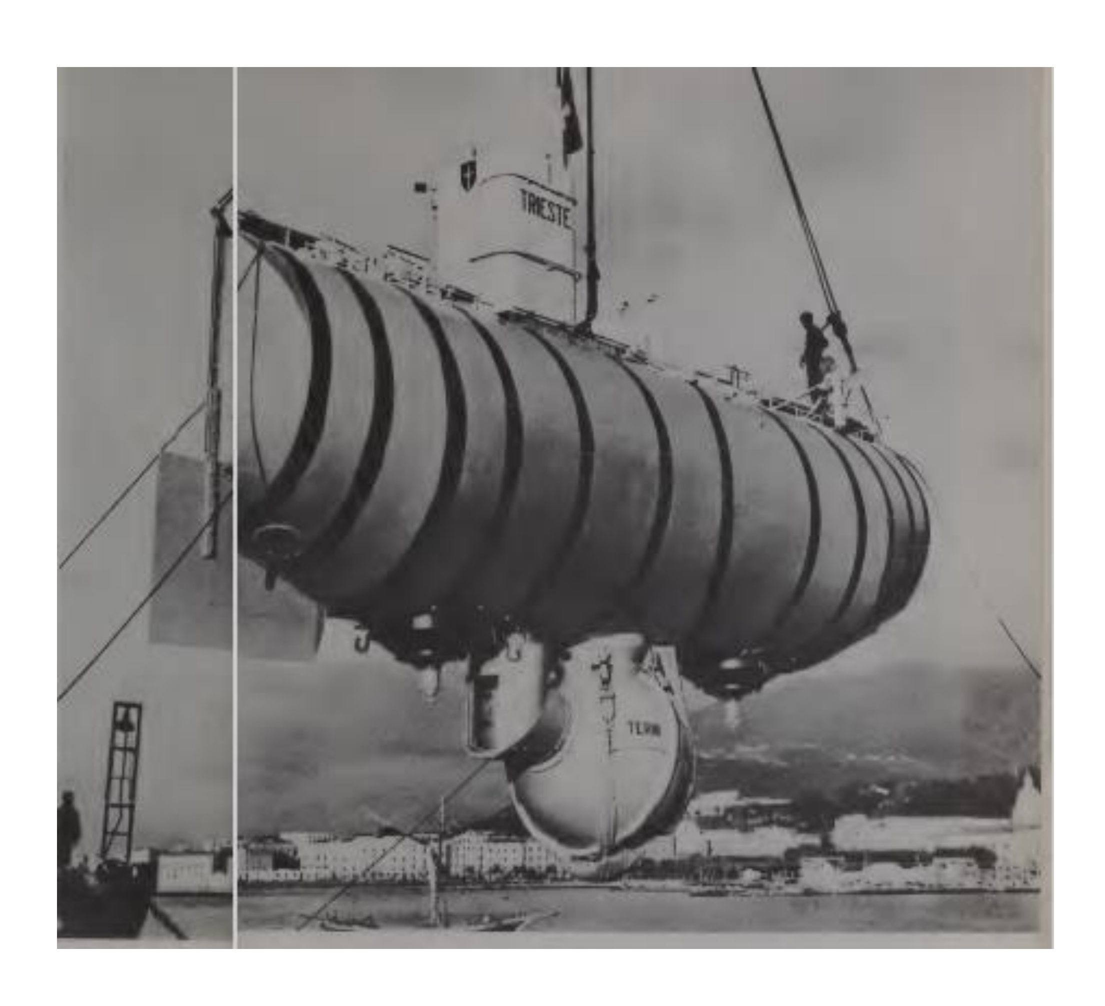
في الاعلى: سمك سرجسوم في الاعشاب البحرية. إلى اليمين في الأعلى: في بحار الصيف، تلمع بلايين من نوكتيليوكا الصغيرة مثل النجوم. يمينًا إلى أسفل: تكشف الكاميرا عن كائنات حية ومسارات وثقوب في قاع البحر.





مرصد لامونت الجيولوجي (جامعة كولومبيا)




TRIESTE



ميلاد جزيرة

في الربيع، يمتلئ البحر بالأسماك المهاجرة، وبعضها يتجه نحو أفواه الأنهار العظيمة، التي ستصعد لتضع بيضها. هذه هي المراكب الشراعية التي تدار في الربيع قادمة من مناطق التغذية العميقة في المحيط الهادئ لتقاوم الفيضانات المتدفقة لكولومبيا، وانتقل الصابوغة إلى تشيسابيك وهدسون وكونيكتيكت، والعيش الذي يبحث عن مئات الجداول الساحلية في نيو إنجلاند، سمك السلمون في طريقه إلى بينوبسكوت ونهر كينيبيك، لأشهر أو سنوات، لم تعرف هذه الأسماك سوى المساحات الشاسعة للمحيطات. والآن بحر الربيع ونضج أجسادهم يقودهم إلى أنهار ولادتهم.

ترتبط المجيء والذهاب الغامض الآخر بتقدم العام. يتجمع الكبلين في المياه العميقة والباردة لبحر بارنتس، وتتبع أسرابها الضحلة وتفترسها قطعان من طيور الشيروتر، وطيور كاسرة العظام، وطيور الأوك، والكيتي. فيقترب سمك القد من ضفاف لوفوتين، ويتجمع قبالة شواطئ آيسلندا. تتلاقى الطيور التي قد تكون منطقة تغذيتها الشتوية تشمل المحيط الأطلسي بأكمله أو المحيط الهادئ بأكمله على جزيرة صغيرة، يصل مجموع السكان المتكاثرين في غضون أيام قليلة. تظهر الحيتان فجأة قبالة منحدرات الضفاف الساحلية حيث تتكاثر أسراب الكريل الشبيهة بالجمبري، والحيتان التي أتت لا أحد يعرف من أين أتت، ولا أحد يعرف الطريق.

ومع انحسار الدياتومات وإتمام التفريخ للعديد من حيوانات العوالق ومعظم الأسماك، تتباطأ الحياة في المياه السطحية إلى وتيرة أبطأ في منتصف الصيف. على طول أماكن التقاء

التيارات، يتجمع هلام أوريليا [1] الباهت بالآلاف، ويشكل خطوطًا متعرجة أو رياحًا عبر أميال من البحر، وترى الطيور أشكالها الباهتة تتلألأ في أعماق المياه الخضراء. بحلول منتصف الصيف، قد يكون قنديل البحر الأحمر الكبير السيانيا قد نما من حجم كشتبان إلى حجم مظلة. يتحرك قنديل البحر الكبير عبر البحر بنبضات إيقاعية متخلفة عن مجسات طويلة ومن المحتمل ألا ترعى مجموعة صغيرة من سمك القد أو الحدوق الصغيرة، التي تجد مأوى تحت جرسها وتسافر معها.

يأتي الخريف إلى البحر بهيج جديد من الفسفور، عندما تكون كل قمة موجة مشتعلة. هنا وهناك، قد يتوهج السطح بالكامل بألواح من النار الباردة، بينما تصب مجموعات الأسماك الموجودة أسفلها في الماء مثل المعدن المنصهر. غالبًا ما يكون الفسفرة الخريفية ناتجة عن سقوط أزهار السوطيات المتساقطة، والتي تتكاثر بشدة في تكرار قصير الأمد لتفتح أزهارها الربيعية.

في بعض الأحيان يكون معنى الماء المتوهج ينذر بالسوء. قبالة ساحل المحيط الهادئ في أمريكا الشمالية، قد يعني ذلك أن البحر مليء بدينوفلاجيلات Gonyalax [2]، وهو نبات دقيق يحتوي على سم غريب ومخيف. بعد حوالي أربعة أيام من سيطرة Gonyalax على العوالق الساحلية، تصبح بعض الأسماك والمحار في المنطقة المجاورة سامة. هذا لأنهم، في إطعامهم الطبيعي، قاموا بإخراج العوالق السامة من الماء. تتراكم بلح البحر سموم Gonyalax في

---

(1) أوريليا: هو حيوان من قناديل البحر الشائعة التي تنتشر بكثرة في المياه الساحلية طافية فوق سطح الماء، وسابحة ببطء بواسطة انقباضات منتظمة من جسمها، وتوجد ملقاة على رمال الشاطئ. والشكل السائد هو الشكل الميدوزي.

(2) هو جنس من سوطات دوارة مع نوع Gonyaulax spinifera الموت. ينتمي Gonyaulax إلى سوطات دوارة حمراء وعادة ما يسبب المد الأحمر. يفرز سمًا سامًا يُعرف باسم "ساكسيتوكسين" والذي يسبب الشلل عند البشر.

أكبادها، وتتفاعل السموم على الجهاز العصبي البشري مع تأثير مماثل لتأثير الستركنين. بسبب هذه الحقائق، من المفهوم بوجه عام على طول ساحل المحيط الهادئ أنه من غير الحكمة تناول المحار المأخوذ من السواحل المكشوفة للبحر المفتوح حيث قد يكون Gonyalax وفيرًا، في الصيف أو أوائل الخريف. لأجيال قبل مجيء الرجال البيض، فعرف الهنود ذلك. بمجرد ظهور الخطوط الحمراء في البحر وبدأت الأمواج في الوميض ليلًا مع الحرائق الغامضة ذات اللون الأزرق والأخضر، منع زعماء القبائل من أخذ بلح البحر حتى تمر هذه الإشارات التحذيرية. حتى أنهم وضعوا حراسًا على فترات على طول الشواطئ لتحذير سكان الداخل الذين قد ينزلون بحثًا عن المحار ويكونون غير قادرين على قراءة لغة البحر.

ولكن عادة ما يكون لهيب البحر وبريقه، بغض النظر عن معناه بالنسبة لمن ينتجه، لا يعني أي خطر على الإنسان. إذا نظرنا إليها من سطح سفينة في محيط مفتوح، وهي نقطة مراقبة صغيرة من صنع الإنسان في عالم البحر والسماء الشاسع، فهي تتمتع بجودة مخيفة وغريبة. الإنسان، في غروره، يثني لا شعوريًا على أصل بشري لأي ضوء ليس من قمر أو نجوم أو شمس. الأضواء على الشاطئ، والأضواء التي تتحرك فوق الماء، تعني الأنوار التي يوقدها الرجال الآخرون ويتحكمون فيها، لخدمة أغراض مفهومة للعقل البشري. ومع ذلك، فهذه الأضواء التي تومض وتتلاشى، والأضواء التي تأتي وتذهب لأسباب لا معنى لها بالنسبة للإنسان، وأضواء كانت تفعل هذا الشيء بالذات على مدى دهور من الزمن لم يكن هناك رجال ليثيروا فيها قلقًا غامضًا.

في مثل هذه الليلة من العرض الفسفوري، وقفت تشارلز داروين على سطح السفينة بيغل وهي تحرث جنوبًا عبر المحيط الأطلسي قبالة سواحل البرازيل.

بالفعل، من الأشكال الرمادية لسمك القد التي تحركت، دون أن يراها الإنسان، عبر البحر البارد إلى أماكن تفريخها، ترتفع كريات البيض الزجاجية في المياه السطحية. حتى في عالم البحر الشتوي القاسي، سيبدأ هذا البيض في الانقسامات السريعة التي من خلالها تصبح حبيبة البروتوبلازم سمكة حية.

الأهم من ذلك كله، ربما، هناك ضمان في الغبار الناعم للحياة الذي يبقى في المياه السطحية، والجراثيم غير المرئية للدياتومات، التي تحتاج فقط إلى لمسة من حرارة الشمس وتخصيب المواد الكيميائية لتكرار سحر الربيع.





البحر المظلم

«حيث تأتي الرحلات العظيمة من أجل الإبحار، فإنها تكون بعينٍ مبصرة»

ماثيو أرنولد

بين المياه السطحية المضاءة بنور الشمس للبحر المفتوح والتلال والوديان الخفية في قاع المحيط تقع المنطقة الأقل شهرة في البحر. هذه المياه العميقة المظلمة، بكل أسرارها ومشكلاتها التي لم تحل، تغطي جزءًا كبيرًا جدًّا من الأرض. يمتد محيط العالم كله على حوالي ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية. إذا قمنا بطرح المناطق الضحلة من الجروف القارية والضفاف المتناثرة والمياه الضحلة، حيث يتحرك على الأقل شبح ضوء الشمس الباهت فوق القاع السفلي، فلا يزال هناك حوالي نصف الأرض التي تغطيها المياه العميقة الخالية من الضوء، والتي يبلغ عمقها أميال، كانت مظلمة منذ أن بدأ العالم.

لقد حجبت هذه المنطقة أسرارها بعناد أكثر من أي منطقة أخرى. كان الإنسان، بكل براعته، قادرًا على المغامرة فقط في البداية. يرتدي خوذة الغوص، ويمكنه المشي في قاع المحيط على بعد حوالي ١٠ قامة. ويمكنه النزول إلى حد أقصى يبلغ حوالي ٥٠٠ قدم وهو يرتدي بِزَّة غوص كاملة، بحيث تكون الحركة محمية بطريقة كبيرة بحيث تكاد تكون مستحيلة، ويحمل معه إمدادًا ثابتًا من الأكسجين. فقط رجلان في كل تاريخ العالم مَرَّا بتجربة النزول، على قيد

الحياة، خارج نطاق الضوء المرئي. هؤلاء الرجال هم ويليام بيبي، وأوتيس بارتون. في أعماق البحار، وصلا إلى عمق ٣٠٢٨ قدمًا في المحيط المفتوح قبالة برمودا، في عام ١٩٣٤. ونزل بارتون وحده، في كرة فولاذية تُعرف باسم benthos cope، إلى عمق ٤٥٠٠ قدم قبالة كاليفورنيا، في الصيف عام ١٩٤٩ [1].

ومن أن قلة قليلة محظوظة فقط يمكنها زيارة أعماق البحار، إلا أن الأدوات الدقيقة لعلماء المحيطات، وتسجيل اختراق الضوء والضغط والملوحة ودرجة الحرارة، أعطتنا المواد اللازمة لإعادة بناء الخيال في هذه المناطق المخيفة والمحرمة. على عكس المياه السطحية الحساسة

---

(1) (ح. م): لقد تحقق حلم الإنسان في استكشاف أعمق أعماق البحر خلال العقد الماضي. أنتج الجهد المستمر، والرؤية الخيالية، والمهارة الهندسية نوعًا من المراكب تحت الماء قادرة على تحمل الضغوط الهائلة التي تفرضها أعظم أعماق البحر وحمل المراقبين البشريين إلى هذه العوالم التي كانت تبدو قبل بضع سنوات فقط بعيدة المنال من رجل.

والرائد في هذا المجال من استكشاف أعماق المحيطات كان البروفيسور أوغست بيكارد، الفيزيائي السويسري الذي اكتسب شهرة بالفعل من خلال صعوده إلى طبقة الستراتوسفير في منطاد. اقترح البروفيسور Piccard وسيلة لاستكشاف العمق، والتي بدلًا عن تعليقها في نهاية الأسلاك مثل كرة الأعماق، تتحرك بحرية، وبغض النظر عن التحكم من السطح. وقد شُيِّدَ الآن ثلاثة مغاطس أعماق (قوارب أعماق). يركب المراقبون كرة مقاومة للضغط معلقة من غلاف معدني يحتوي على بنزين عالي الأوكتان، وهو سائل خفيف للغاية وغير قابل للضغط تقريبًا. توفر الصوامع المحملة بحبيبات الحديد الصابورة؛ الكريات ممسوكة بواسطة مغناطيس كهربائي، لتُحَرَّر بلمسة زر عندما يكون الغواصون جاهزين للعودة إلى السطح. أول حوض استحمام، قدمته Fonds National de la Recherche Scient fique، وهو صندوق البحث العلمي البلجيكي، كان يُعرف باسم FNRS-2. (كان FNRS-1 بالون الستراتوسفير، والذي قدمه الصندوق أيضًا لـ Piccard.) كشف FNRS-2، في غطس تجريبي بدون طيار، عن وعد كبير ولكن كان به أيضًا بعض العيوب التي أُصْلِحَتْ في المركبة التي بُنِيَتْ لاحقًا. تم بناء حوض الاستحمام الثاني، FNRS-3، بموجب معاهدة بين الحكومتين البلجيكية والفرنسية، تحت إشراف Piccard وJacques Cousteau. قبل الانتهاء من حوض الاستحمام هذا، ذهب البروفيسور بيكار إلى إيطاليا لبدء بناء حوض استحمام ثالث، ليُسْتَعْمَل في تريستي.

لكل عاصفة من الرياح، والتي تعرف الليل والنهار، وتستجيب لسحب الشمس والقمر، وتتغير مع تغير الفصول، فإن المياه العميقة هي مكان يأتي فيه التغيير ببطء، على كل حال. بعيدًا عن متناول أشعة الشمس، لا يوجد تناوب بين النور والظلام. هناك ليلة لا نهاية لها، قديمة قدم البحر نفسه. بالنسبة لمعظم مخلوقاتها، التي تتلمس طريقها إلى ما لا نهاية عبر مياهها السوداء، يجب أن تكون مكانًا للجوع، حيث يكون الطعام نادرًا ويصعب العثور عليه، وملجأ أقل مكانًا حيث لا يوجد ملاذ من الأعداء الدائمين، حيث يمكن للمرء فقط يمضي قدمًا، من الولادة إلى الموت، عبر الظلام، محبوسًا كما هو الحال في سجن إلى طبقة البحر الخاصة به.

كانوا يقولون إن لا شيء يمكن أن يعيش في أعماق البحار. كان اعتقادًا يجب أن يكون من السهل قبوله، لأنه بدون دليل على عكس ذلك، كيف يمكن لأي شخص أن يتصور الحياة في مثل هذا المكان؟

قبل قرن من الزمان، كتب عالم الأحياء البريطاني إدوارد فوربس: `` عندما ننحدر أعمق وأعمق في هذه المنطقة، أصبح السكان أكثر فأكثر، وأقل وأقل، مما يشير إلى نهجنا في هاوية إما أن تنطفئ فيها الحياة، أو تظهر فيها فقط القليل من الشرارات لإعلان وجودها المستمر. ومع ذلك، حثت فوربس على المزيد من الاستكشاف "لمنطقة أعماق البحار الشاسعة" لحل مسألة وجود الحياة في أعماق كبيرة إلى الأبد.

حتى ذلك الحين، كانت الأدلة تتراكم. أثناء استكشافه للبحار القطبية الشمالية في عام ١٨١٨، كان السير جون روس قد أحضر من عمق ١٠٠٠ قامة طينًا كانت فيه الديدان، مما يثبت وجود حياة حيوانية في قاع المحيط - لا تتحمل الظلام والسكون. والصمت والضغط الهائل الناتج عن أكثر من ميل من الماء الفائض.

ثم جاء تقرير آخر من سفينة المسح بولدوج، التي تفحص طريقًا شماليًّا مقترحًا لأسلاك من فارو إلى لابرادور في عام ١٨٦٠. خط صوت بولدوج، الذي سُمح له في مكان ما بالاستلقاء على القاع لبعض الوقت على عمق ١٢٦٠ قامة، جاء مع ١٣ نجم بحر تمسك به. من خلال نجم البحر، كتب عالم الطبيعة في السفينة، "لقد أرسل العمق الرسالة التي طال انتظارها". لكن لم يكن كل علماء الحيوان في ذلك اليوم مستعدين لقبول الرسالة. أكد بعض المشككين أن نجم البحر "اعتنق بطريقة متشنج" الخط في مكان ما في طريق العودة إلى السطح.

وفي نفس العام، ١٨٦٠، رُفِعَتْ الأسلاك في البحر الأبيض المتوسط لإصلاحه من عمق ١٢٠٠ قامة. وقد وجد أنه مُغطى بطريقة كبيرة بالشعاب المرجانية والحيوانات اللاطئة الأخرى التي ارتبطت بنفسها في مرحلة مبكرة من التطور ونمت حتى النضج على مدى شهور أو سنوات. لم تكن هناك أدنى فرصة لأن يكونوا متشابكين في الأسلاك أثناء رفعه إلى السطح.

ثم انطلقت السفينة تشالنجر، وهي أول سفينة مجهزة على الإطلاق لاستكشاف المحيطات، من إنجلترا في عام ١٨٧٢ وتتبع مسارًا حول العالم. من قيعان ملقاة تحت أميال من الماء، من أعماق صامتة مغطاة بالسجاد بالطين الأحمر، ومن جميع الأعماق المتوسطة الخالية من الضوء، ظهرت شبكة بعد مسافة صافية من المخلوقات الغريبة والرائعة وانسكبت على الطوابق. لقد أدرك علماء تشالنجر، وهم يملئون الكائنات الغريبة التي نشأت لأول مرة في ضوء النهار، كائنات لم يرها أحد من قبل، أن الحياة موجودة حتى في أعمق قاع من الهاوية.

يعتبر الاكتشاف الأخير أن سحابة حية لبعض المخلوقات غير المعروفة منتشرة فوق جزء كبير من المحيط على عمق عدة مئات من القوم تحت السطح هو أكثر الأشياء إثارة التي تم تعلمها عن المحيط لسنوات عديدة.

عندما، خلال الربع الأول من القرن العشرين، تم تطوير سبر الصدى للسماح للسفن أثناء سيرها بتسجيل عمق القاع، ربما لم يشك أحد في أنها ستوفر أيضًا وسيلة لتعلم شيء عن الحياة في أعماق البحار. لكن سرعان ما اكتشف مشغلو الأدوات الجديدة أن الموجات الصوتية، الموجهة إلى أسفل من السفينة مثل شعاع من الضوء، تنعكس مرة أخرى من أي جسم صلب قابلوه. تم إرجاع أصداء الرد من الأعماق الوسيطة، على الأرجح من مجموعات الأسماك أو الحيتان أو الغواصات؛ ثم تلقت صدى ثانٍ من الأسفل.

تم إثبات هذه الحقائق جيدًا في أواخر الثلاثينيات من القرن الماضي لدرجة أن الصيادين بدأوا يتحدثون عن استخدام مقاييس قياسهم للبحث عن مدارس سمك الرنجة. ثم وضعت الحرب الموضوع برمته تحت لوائح أمنية صارمة، ولم يسمع عنها سوى القليل. في عام ١٩٤٦، أصدرت البحرية الأمريكية نشرة مهمة. تم الإبلاغ عن أن العديد من العلماء، الذين يعملون مع المعدات الصوتية في المياه العميقة قبالة ساحل كاليفورنيا، قد غطوا طائرًا واسع النطاق من نوع ما، مما أعاد صدى استجابة للموجات الصوتية. تم العثور على هذه الطبقة العاكسة، التي يبدو أنها معلقة بين سطح وأرضية المحيط الهادئ، على مساحة ٣٠٠ ميل. تقع من ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ قدم تحت السطح. تم هذا الاكتشاف من قبل ثلاثة علماء، C.F Eyring، R.{. كريستنسن، وآر دبليو رايت، على متن السفينة الأمريكية. جاسبر في عام ١٩٤٢، ولفترة من الزمن، كانت هذه الظاهرة الغامضة، ذات الطبيعة غير المعروفة تمامًا، تسمى طبقة ECR. ثم في عام ١٩٤٣، قام مارتن دبليو جونسون، عالم الأحياء البحرية في معهد سكريبس لعلوم المحيطات، باكتشاف آخر أعطى أول دليل لطبيعة الطبقة. وجد جونسون أثناء عمله على متن السفينة أدى هذا الاكتشاف إلى التخلص من التكهنات بأن الانعكاسات جاءت من شيء غير

حي، ربما مجرد انقطاع فيزيائي في الماء، وأظهر أن الطبقة تتكون من كائنات حية قادرة على التحكم في الحركة.

بالنسبة لنظرية العوالق، فإن إحدى الحجج الأكثر إقناعًا هي الحقيقة المعروفة بأن العديد من مخلوقات العوالق تقوم بهجرات عمودية منتظمة لمئات الأقدام، ترتفع باتجاه السطح ليلاً، وتغرق أسفل منطقة اختراق الضوء في وقت مبكر جدًا. الصباح. هذا، بالطبع، هو بالضبط سلوك طبقة التشتت. كل ما يتألف منه يبدو أنه يصده بشدة ضوء الشمس. تبدو كائنات هذه الطبقة وكأنها محتجزة في نهاية – أو بعد نهاية – أشعة الشمس طوال ساعات النهار، في انتظار عودة الظلام المرحب بها لتسريع صعودها إلى المياه السطحية. ولكن ما هي القوة التي تنفر؟ وما هي الجاذبية التي تجذبهم عن طريق السطح بمجرد زوال القوة الكابحة؟ هل الأمان المقارن من الأعداء هو الذي يجعلهم يبحثون عن الظلام؟ هل الغذاء الأكثر وفرة بالقرب من السطح هو الذي يجذبهم مرة أخرى تحت جنح الليل؟

أولئك الذين يقولون إن الأسماك هي عاكسة للموجات الصوتية عادة ما تكون مسؤولة عن الهجرات الرأسية للطبقة من خلال الإشارة إلى أن الأسماك تتغذى على الروبيان العوالق وتتبع طعامها. إنهم يعتقدون أن المثانة الهوائية للأسماك، من بين جميع الهياكل المعنية، من المرجح أن تعود من بنائها إلى صدى قوي. هناك صعوبة واحدة معلقة في طريقة قبول هذه النظرية: ليس لدينا دليل آخر على أن تركيزات الأسماك موجودة عالميًا في المحيطات. في الواقع، كل شيء آخر نعرفه يشير إلى أن التجمعات الكثيفة من الأسماك تعيش على الرفوف القارية أو في مناطق معينة محددة للغاية من المحيط المفتوح حيث يتوافر الطعام بوجه خاص. إذا ثبت في النهاية أن الطبقة العاكسة تتكون من الأسماك، فسيتعين مراجعة وجهات النظر السائدة لتوزيع الأسماك بوجه جذري.

النظرية الأكثر إثارة للدهشة (والتي يبدو أن لديها أقل عدد من المؤيدين) هي أن الطبقة تتكون من تركيزات من الحبار، (تحوم تحت المنطقة المضيئة من البحر وتنتظر قدوم الظلام لاستئناف غاراتهم على العوالق في المياه السطحية الغنية. يجادل مؤيدو هذه النظرية بأن الحبار وفير بما فيه الكفاية، وله توزيع واسع بما يكفي، لإعطاء أصداء تم التقاطها في كل مكان تقريبًا من خط الاستواء إلى القطبين. من المعروف أن الحبار هو الغذاء الوحيد لحوت العنبر الموجود في المحيطات المفتوحة في جميع المياه المعتدلة والاستوائية. كما أنها تشكل نظامًا غذائيًّا حصريًّا للحوت ذي الأنف الزجاجي، وتُتَنَاوَل على نطاق واسع من قبل معظم الحيتان الأخرى ذات الأسنان والفقمة والعديد من طيور البحر. كل هذه الحقائق تدل على أنها يجب أن تكون وفيرة بأسلوب مذهل.





تساقط الثلوج الطويل

«شِعر متعلق بالأرض ... شعرٌ عميق وقوي».

لولين بوويز

كل جزء من الأرض أو الهواء أو البحر له جو خاص به، صفة أو خاصية تميزه عن غيره. عندما أفكر في قاع البحر العميق، فإن الحقيقة الوحيدة الساحقة التي تمتلك مخيلتي هي تراكم الرواسب. أرى دائمًا انجرافًا ثابتًا، متواصلًا، نحو الأسفل للمواد من أعلى، تقشر عند تقشر، طبقة تلو طبقة – انجراف استمر لمئات الملايين من السنين، وسيستمر طالما كانت هناك بحار وقارات.

لأن الرواسب هي المواد الأكثر روعة من "تساقط الثلوج" الذي شهدته الأرض على الإطلاق. بدأت عندما سقطت الأمطار الأولى على الصخور القاحلة وأطلقت قوى التعرية. وقد تسارعت وتيرتها عندما تطورت الكائنات الحية في مياه سور ووجه وبدأت أصداف الجير أو السيليكا الصغيرة المهملة التي كانت تغلفها في الحياة بالانجراف إلى القاع. بصمت، إلى ما

لا نهاية، مع تداول عمليات الأرض التي يمكن أن تكون بطيئة لأن لديها الكثير من الوقت لإكمالها، استمر تراكم الرواسب. قليل جدًّا في عام واحد، أو في عمر الإنسان، ولكنه يمثل قدرًا هائلاً جدًّا في حياة الأرض والبحر.

استمر هطول الأمطار، وتآكل الأرض، واندفاع المياه المحملة بالرواسب، بنبضات وإيقاع متفاوتين، طوال الوقت الجيولوجي. بالإضافة إلى حمولة الطمي لكل نهر يجد طريقه إلى البحر، هناك مواد أخرى تتكون منها الرواسب. الغبار البركاني، ربما في منتصف الطريق حول الأرض في الغلاف الجوي العلوي، يأتي في النهاية للراحة على المحيط، وينجرف في التيارات، ويغمر بالمياه ويغرق. تُحمل الرمال من الصحاري الساحلية باتجاه البحر بفعل الرياح البحرية، وتسقط في البحر، وتغرق. الحصى والحصى والصخور الصغيرة والقذائف تحملها الجبال الجليدية والجليد الطافي، ليتم إطلاقها في الماء عندما يذوب الجليد. شظايا من الحديد والنيكل وغيرها من الحطام النيزكي التي تدخل الغلاف الجوي للأرض فوق البحر - هذه أيضًا تصبح رقائق من تساقط الثلوج الكبير. ولكن الأكثر انتشارًا هو المليارات على مليارات من الأصداف الصغيرة والهياكل العظمية، أو البقايا الجيرية أو الصخرية لجميع الكائنات الدقيقة التي عاشت في الماضي في المياه العليا.

الرواسب هي نوع من قصيدة الأرض الملحمية. عندما نكون حكماء بما فيه الكفاية، ربما يمكننا أن نقرأ فيها كل التاريخ الماضي. كل شيء مكتوب هنا. في طبيعة المواد التي تشكلها وفي ترتيب طبقاتها المتعاقبة، تعكس الرواسب كل ما حدث في المياه فوقها وفي الأراضي المحيطة. لقد تركت الأحداث المأساوية والكارثية في تاريخ الأرض أثرها في الرواسب - تدفقات البراكين، وتقدم الجليد وانحساره، والجفاف الحارق للأراضي الصحراوية، والدمار الكاسح للفيضانات.

تم فتح كتاب الرواسب فقط خلال عمر الجيل الحالي من العلماء، مع التقدم الأكثر إثارة في جمع وفك رموز العينات التي تم إجراؤها منذ عام ١٩٤٥ . يمكن لعلماء المحيطات الأوائل أن يتخلصوا من الطبقات السطحية من الرواسب من قاع البحر باستخدام الجرافات. ولكن ما كان مطلوبًا هو أداة، تعمل وفقًا لمبدأ قاطع التفاح، يمكن دفعها عموديًا إلى القاع لإزالة عينة طويلة أو "قلب" حيث كان ترتيب الطبقات المختلفة غير مضطرب. اخترع الدكتور سي بيغوت هذه الآلة في عام ١٩٣٥ ، وبمساعدة هذه "البندقية"، حصل على سلسلة من النوى عبر المحيط الأطلسي العميق من نيوفاوندلاند إلى أيرلندا. يبلغ متوسط طول هذه النوى حوالي ١٠ أقدام. جهاز أخذ العينات من قلب المكبس.

طوره عالم المحيطات السويدي كولينبرغ بعد حوالي ١٠ سنوات، أصبح الآن يأخذ نوى غير مضطربة يبلغ طولها ٧٠ قدمًا. معدل الترسيب في أجزاء مختلفة من المحيط غير معروف بالتأكيد، لكنه بطيء جدًّا؛ بالتأكيد، تمثل هذه العينة ملايين السنين من التاريخ الجيولوجي.

استخدمَ البروفيسور دبليو موريس إيوينج – من جامعة كولومبيا ومعهد وودز هول لعلوم المحيطات – طريقة بارعة أخرى لدراسة الرواسب. وجد البروفيسور إيوينج أنه يمكنه قياس سمك طبقة السجاد من الرواسب التي تغطي صخور قاع المحيط عن طريق تفجير شحنات العمق وتسجيل أصداءها؛ يتم استقبال صدى واحد من أعلى طبقة الرواسب (الجزء الظاهر من قاع البحر)، وآخر من "القاع تحت القاع" أو من الأرضية الصخرية الحقيقية. يعتبر حمل واستخدام المتفجرات في البحر أمرًا خطيرًا ولا يمكن لجميع السفن تجربته، ولكن تم استخدام هذه الطريقة من قبل الباتروس السويدي وكذلك من قبل أتلانتس في استكشافه لسلسلة جبال الأطلسي. استخدم إوينغ في أتلانتس أيضًا تقنية الانكسار الزلزالي التي يتم من

خلالها عمل الموجات الصوتية للانتقال أفقيًا عبر طبقات الصخور في قاع المحيط، مما يوفر معلومات حول طبيعة الصخور.

قبل تطوير هذه التقنيات، كان بإمكاننا فقط تخمين سمك بطانية الرواسب فوق قاع البحر. ربما كنا نتوقع أن تكون الكمية هائلة إذا فكرنا في الوراء عبر عصور السقوط اللطيف اللامتناهي - حبة رمل واحدة في كل مرة، وقذيفة هشة تلو الأخرى، هنا سن سمكة قرش، هناك جزء نيزكي - لكن الكل يستمر بإصرار، بلا هوادة، إلى ما لا نهاية. إنها، بالطبع، عملية مشابهة لتلك التي تكونت طبقات الصخور التي تساعد على تكوين جبالنا، لأنها أيضًا كانت ذات يوم رواسب ناعمة تحت البحار الضحلة التي فاضت القارات من وقت لآخر. أصبحت الرواسب في نهاية المطاف متماسكة ومثبتة، ومع تراجع البحار مرة أخرى، أعطت القارات طبقات سميكة تغطي من الصخور الرسوبية - طبقات يمكننا رؤيتها مرتفعة ومائلة ومضغوطة ومكسورة بفعل حركات الأرض الواسعة. ونعلم أنه في الأماكن، يبلغ سمك الصخور الرسوبية عدة آلاف من الأقدام. ومع ذلك، شعر معظم الناس بصدمة من المفاجأة والتساؤل عندما أعلن هانز بيترسون، قائد البعثة السويدية في أعماق البحار، أن قياسات طيور القطرس المأخوذة في حوض المحيط الأطلسي المفتوح أظهرت طبقات رواسب يصل سمكها إلى ١٢٠٠٠ قدم.

إذا تم ترسيب أكثر من ميلين من الرواسب على قاع المحيط الأطلسي، فسيظهر سؤال مثير للاهتمام: هل تراجعت الأرضية الصخرية مسافة مماثلة تحت الوزن الهائل للرواسب؟ لدى الجيولوجيين آراء متضاربة. قد تقدم تلال المحيط الهادئ المكتشفة مؤخرًا دليلًا واحدًا على وجودها. إذا كانوا، كما أطلق عليهم مكتشفهم، "جزر قديمة غارقة"، فربما وصلوا إلى موقعهم الحالي على بعد ميل أو نحو ذلك تحت مستوى سطح البحر من خلال غرق قاع المحيط. يعتقد

هيس أن الجزر قد تشكلت منذ زمن بعيد لدرجة أن الحيوانات المرجانية لم تتطور بعد. خلافًا لذلك، من المفترض أن الشعاب المرجانية قد استقرت على الأسطح المسطحة لجبال البحر وأنشأتها بالسرعة التي تغرق فيها قواعدها. على أي حال، من الصعب أن نرى كيف كان من الممكن أن يتآكلوا حتى الآن تحت قاعدة الموجة، إلا إذا تراجعت قشرة الأرض تحت حمولتها.

يبدو أن هناك أمرًا واحدًا محتملًا – فقد تم توزيع الرواسب بشكل غير متساوٍ في المكان والزمان. على عكس سمك ١٢٠٠٠ قدم الموجود في أجزاء من المحيط الأطلسي، لم يجد علماء المحيطات السويديون مطلقًا رواسب يزيد سمكها عن ١٠٠٠ قدم في المحيط الهادئ أو في المحيط الهندي. ربما تكون طبقة عميقة من الحمم البركانية، من الانفجارات الغواصة القديمة على نطاق هائل، تقع تحت الطبقات العليا من الرواسب في هذه الأماكن وتعترض الموجات الصوتية.

تم الإبلاغ عن اختلافات مثيرة للاهتمام في سمك طبقة الرواسب في الأطلسي ريدج والنهج إلى ريدج من الجانب الأمريكي من قبل إوينغ. عندما أصبحت ملامح القاع أقل تساويًا وبدأت في الانحدار إلى سفوح ريدج، ازدادت سماكة الرواسب، كما لو كانت تتراكم في انجرافات عملاقة من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ قدم ضد منحدرات التلال. أبعد في جبال ريدج، حيث توجد العديد من المدرجات المستوية من بضعة أميال إلى عدة أميال، كانت الرواسب أعمق حتى، حيث يصل ارتفاعها إلى ٣٠٠٠ قدم. ولكن على طول العمود الفقري للنهر، على المنحدرات والقمم شديدة الانحدار، ظهرت الصخور العارية، واكتسحت الرواسب [1].

---

(1) (ح. م): الآن وقد تم قياس الرواسب على مساحات أكبر بكثير من قاع المحيط، فإن رد فعل علماء المحيطات هو أمر مثير للدهشة، لكن دهشتهم تتعلق بحقيقة أن عباءة الرواسب بشكل عام أرق بكثير مما قد تؤدي إليه الحقائق ذات الصلة يتوقعون منهم. على مساحات شاسعة من المحيط الهادئ، يبلغ متوسط سمك الرواسب (الرواسب غير المجمعة بالإضافة إلى الصخور الرسوبية) حوالي ربع ميل فقط.

عند التفكير في هذه الاختلافات في السُمك والتوزيع، تعود عقولنا حتمًا إلى محاكاة تساقط الثلوج الطويل. قد نفكر في العاصفة الثلجية السحيقة من حيث التندرا القاتمة والعاصفة الثلجية في القطب الشمالي. أيام طويلة من العاصفة تزور هذا المكان، عندما يملأ الثلج الهواء؛ ثم يأتي هدوء في العاصفة الثلجية وتساقط الثلوج خفيف. في تساقط الثلوج في الرواسب أيضًا، هناك تناوب بين الضوء والسقوط الثقيل. الشلالات الغزيرة "تتوافق مع فترات بناء الجبال في القارات، عندما ترتفع الأراضي عالياً وينساب المطر على منحدراها، حاملاً شظايا الطين والصخور إلى البحر؛ يشير سقوط الضوء إلى فترات الهدوء بين فترات بناء الجبال عندما تكون القارات مسطحة ويكون التعرية بطيئًا. ومرة أخرى، في التندرا الخيالية لدينا، تهب الرياح الثلج في انجرافات عميقة، وتملأ جميع الوديان بين التلال، وتتراكم الثلوج لأعلى حتى تتلاشى معالم الأرض، ولكن تجوب التلال. في الرواسب المنجرفة على قاع المحيط،

إنه أكثر سمكًا قليلًا فوق جزء كبير من المحيط الأطلسي. (هذه أرقام متوسطة؛ توجد بالطبع بعض الرواسب الأعمق بكثير). في بعض المناطق، لم يكن هناك ترسبات تقريبًا. قبل بضع سنوات، حصل العديد من علماء المحيطات على صور لعقيدات المنغنيز ملقاة على قاع المحيط الأطلسي على أعماق كبيرة، وصور أخرى على حافة جزيرة إيستر في جنوب شرق المحيط الهادئ. تشكل أسنان أسماك القرش التي يعود تاريخها إلى العصر الثالث، والتي ربما يصل عمرها إلى ٧٠ مليون سنة، أحيانًا نوى هذه العقيدات. من المؤكد أن نموها، من خلال ترسيب طبقات متتالية حول هذه النوى، يجب أن يكون بطيئًا جدًّا. قدر هانز بيترسون النمو بحوالي ١ ملم. لكل ألف سنة. ومع ذلك، خلال هذه الفترة، كانت هذه العقيدات موجودة في قاع المحيط، ولم تتراكم الرواسب العميقة بما يكفي لتغطيتها.

وحُصِلَ على فكرة عن معدل الترسيب خلال فترة ما بعد العصر الجليدي من خلال مراقبة معدل التحلل الإشعاعي لبعض مكونات الرواسب. إذا كان معدل الترسيب قد ساد خلال الحياة المفترضة للمحيطات، فإن متوسط سمك الرواسب سيكون أكبر بكثير مما يبدو عليه الآن. هل تذوب الكثير من الرواسب المترسبة؟ أين غمرت معظم كتل اليابسة الحالية فترات أطول بكثير مما نفترضه الآن، مع فترات طويلة من التعرية الطفيفة؟ تم اقتراح هذه التفسيرات وغيرها من التفسيرات لغموض الرواسب، لكن لا يبدو أي منها مرضيًا تمامًا. من المحتمل أن المشروع الدرامي المتمثل في حفر ثقوب في قاع المحيط وصولاً إلى انقطاع موهوروفيتش (Project Mohole؛ انظر المقدمة) سيوفر التفسير الذي تفتقر إليه الآن.

نرى عمل الرياح / التي قد تكون تيارات المحيطات العميقة، وتوزع الرواسب وفقًا لقوانينها الخاصة، والتي لم تستوعبها عقول البشر بعد.

ومع ذلك، فقد عرفنا النمط العام لسجادة الرواسب لسنوات عديدة جيدة. حول أسس القارات، في المياه العميقة خارج حدود المنحدرات القارية، توجد طين من أصل بري. هناك العديد من الألوان الطينية - الأزرق والأخضر والأحمر والأسود والأبيض - والتي تختلف على ما يبدو مع التغيرات المناخية وكذلك مع التربة والصخور السائدة في الأراضي الأصلية. في مكان أبعد في البحر توجد رشاشات ذات أصل بحري في الغالب - بقايا تريليونات من الكائنات البحرية الصغيرة. على مساحات شاسعة من المحيطات المعتدلة، فإن قاع البحر مغطى إلى حد كبير ببقايا مخلوقات وحيدة الخلية تعرف باسم المنخربات، وأكثرها وفرة هو Globigerina. يمكن التعرف على أصداف Globigerina في الرواسب القديمة جدًّا وكذلك في الرواسب الحديثة، ولكن على مر العصور، اختلفت الأنواع. بمعرفة ذلك، يمكننا تحديد تاريخ الودائع التي تحدث فيها تقريبًا. لكنهم كانوا دائمًا حيوانات بسيطة، تعيش في قشرة منحوتة بشكل معقد من كربونات الجير، كلها صغيرة جدًّا لدرجة أنك ستحتاج إلى نطاق دقيق لرؤية تفاصيلها. بعد نمط الكائنات أحادية الخلية، لا يموت الفرد Globigerina عادةً، ولكن بتقسيم مادته أصبح اثنان. في كل قسم، تم التخلي عن القذيفة القديمة، وتشكلت اثنتان جديدتان. في البحار الدافئة الغنية بالجير، تتكاثر هذه المخلوقات الصغيرة بشكل مذهل، وعلى الرغم من أن كل واحدة دقيقة جدًّا، تغطي أصدافها التي لا حصر لها ملايين الأميال المربعة من قاع المحيط، وعلى عمق آلاف الأقدام.

ومع ذلك، في أعماق المحيط الهائلة، تؤدي الضغوط الهائلة والمحتوى العالي من ثاني أكسيد الكربون في المياه العميقة إلى إذابة الكثير من الجير قبل فترة طويلة من وصوله إلى القاع

وإعادته إلى الخزان الكيميائي الكبير للبحر. السيليكا هي أكثر مقاومة للمحلول. إنها إحدى مفارقات المحيط الغريبة أن الجزء الأكبر من البقايا العضوية التي تصل إلى أعماق كبيرة سليمة تنتمي إلى كائنات وحيدة الخلية يبدو أنها من أكثر الهياكل دقة. يذكرنا الراديولاريون بشكل لا يقاوم رقاقات الثلج، حيث تتنوع بشكل لا نهائي في الأنماط، مثل اللاسي، كما تصنع بشكل معقد. ومع ذلك، نظرًا لأن أصدافهم مصنوعة من السيليكا بدلاً من كربونات الجير، فيمكنهم النزول دون تغيير إلى الأعماق السحيقة. لذلك هناك نطاقات واسعة من الرواسب الشعاعية في المياه الاستوائية العميقة في شمال المحيط الهادئ، أسفل المناطق السطحية حيث تتواجد الراديولاريون الحيون بأعداد كبيرة.

تم تسمية نوعين آخرين من الرواسب العضوية للمخلوقات التي تتكون منها بقاياها. تزدهر الدياتومات، الحياة النباتية المجهرية للبحر، بكثرة في المياه الباردة. يوجد حزام عريض من نضح المشطورة على أرضية المحيط المتجمد الجنوبي، خارج منطقة الحطام الجليدي الذي تسقطه حزمة الجليد. هناك منطقة أخرى عبر شمال المحيط الهادئ، على طول سلسلة الأعماق الكبيرة التي تمتد من ألاسكا إلى اليابان. كلاهما مناطق تتدفق فيها المياه المحملة بالمغذيات من الأعماق، مما يحافظ على نمو غني للنباتات. الدياتومات، مثل الراديولاريان، مغلفة بأغطية صخرية - علب صغيرة شبيهة بالصناديق ذات أشكال متنوعة وتصميم محفور بدقة.

بعد ذلك، في الأجزاء الضحلة نسبيًا من المحيط الأطلسي المفتوح، توجد بقع من الرواسب تتكون من بقايا قواقع سباحة حساسة تسمى بتيروبودس. هذه الرخويات المجنحة، التي تمتلك أصدافًا شفافة ذات جمال رائع، موجودة هنا وهناك بوفرة بشكل لا يصدق. طحلبتيروبود هو الرواسب السفلية المميزة بالقرب من برمودا، وتحدث رقعة كبيرة في جنوب المحيط الأطلسي.

المناطق الغامضة والغريبة هي المناطق الهائلة، خاصة في شمال المحيط الهادئ، مغطاة بالسجاد برواسب حمراء ناعمة لا توجد فيها بقايا عضوية باستثناء أسنان أسماك القرش وعظام أذن الحيتان. يحدث هذا الطين الأحمر في أعماق كبيرة. ربما تم إذابة جميع مواد الرواسب الأخرى قبل أن تصل إلى هذه المنطقة من الضغط الهائل والبرد الجليدي.

بدأت قراءة القصة الموجودة في الرواسب فقط. عندما يتم جمع المزيد من النوى وفحصها، سنقوم بالتأكيد بفك رموز العديد من الفصول المثيرة. أشار الجيولوجيون إلى أن سلسلة من النوى المأخوذة من البحر الأبيض المتوسط قد تحل العديد من المشاكل المثيرة للجدل فيما يتعلق بتاريخ المحيطات والأراضي المحيطة بحوض البحر الأبيض المتوسط. على سبيل المثال، في مكان ما في طبقات الرواسب تحت هذا البحر، يجب أن يكون هناك دليل، في طبقة محددة بدقة من الرمال، على الوقت الذي تشكلت فيه صحاري الصحراء وبدأت الرياح الساخنة والجافة في القفز من السطح المتحرك. طبقات وحملها في اتجاه البحر. أعطت النوى الطويلة التي تم الحصول عليها مؤخرًا في غرب البحر الأبيض المتوسط قبالة الجزائر سجلاً للنشاط البركاني الممتد عبر آلاف السنين بما في ذلك الثورات البركانية العظيمة التي تعود إلى عصور ما قبل التاريخ والتي لا نعرف شيئًا عنها.

تمت دراسة النوى الأطلسية التي أخذها Piggot منذ أكثر من عقد من سفينة الكابلات Lord Kelvin بدقة من قبل الجيولوجيين. من خلال تحليلهم، من الممكن أن ننظر إلى الوراء إلى ١٠ , ٠٠٠ سنة الماضية أو نحو ذلك، وأن نشعر بنبض الإيقاعات المناخية للأرض؛ بالنسبة للنوى، كانت تتكون من طبقات من المياه الباردة Globigerina faunas (ومن ثم رواسب المرحلة الجليدية)، بالتناوب مع Globigerina Ooze المميزة للمياه الأكثر دفئًا. من القرائن التي توفرها هذه النوى، يمكننا أن نتخيل المراحل الجليدية عندما كانت هناك فترات من المناخ

المعتدل، مع وجود مياه دافئة تغطي قاع البحر ومخلوقات محبة للدفء تعيش في المحيط. بين هذه الفترات نما البحر البارد. تجمعت الغيوم، وتساقطت الثلوج، وفي قارة أمريكا الشمالية نمت الصفائح الجليدية الكبيرة وانتقلت الجبال الجليدية إلى الساحل. وصلت الأنهار الجليدية إلى البحر على امتداد جبهة واسعة. هناك أنتجوا الجبال الجليدية بالآلاف. انتقلت المواكب المهيبة بطيئة الحركة من البرغ إلى البحر، وبسبب برودة جزء كبير من الأرض، توغلت إلى الجنوب أكثر مما تفعله أي منطقة أخرى اليوم. عندما ذابتا أخيرًا، تخلوا عن أحمالهم من الطمي والرمل والحصى وشظايا الصخور التي تجمدت في أسطحها السفلية أثناء شق طريقهم على الأرض. وهكذا جاءت طبقة من الرواسب الجليدية فوق الرواسب الطبيعية Globigerina، وتم تسجيل سجل العصر الجليدي.

ثم أصبح البحر أكثر دفئًا مرة أخرى، ذابت الأنهار الجليدية وأعيد معالجتها، ومرة أخرى عاشت أنواع المياه الدافئة في Globigerina في البحر – عاشت وماتت وانجرفت إلى الأسفل لبناء طبقة أخرى من طين Globigerina، هذه المرة فوق الطين وحصى الأنهار الجليدية. وكُتب مرة أخرى سجل الدفء والوداعة في الرواسب. من نوى Piggot، كان من الممكن إعادة بناء أربع فترات مختلفة لتقدم الجليد، مفصولة بفترات مناخ دافئ.

من المثير للاهتمام أن نعتقد أنه حتى الآن، في حياتنا، تتساقط قشور عاصفة ثلجية جديدة، واحدة تلو الأخرى، في قاع المحيط. تنجرف بلايين من Globigerina إلى أسفل، ويكتبون سجلهم الواضح الذي لا لبس فيه أن هذا، عالمنا الحالي، هو عالم من مناخ معتدل ومعتدل. من سيقرأ سجلهم بعد عشرة آلاف سنة من الآن؟

الباب الثاني: البحر المضطرب

١) الرياح والمياه
٢) الرياح والشمس ودوران الأرض
٣) ظاهرة المد والجذر المتحركة



الرياح والمياه

«إن أقدام الرياح تتألق دائمًا على طول البحر»

سوينبورن

بينما تتدحرج الأمواج نحو الأراضي نهاية في أقصى الغرب طرف إنجلترا يجلبون إحساس الأماكن البعيدة في المحيط الأطلسي. تتحرك على الشاطئ فوق الأرضية المرتفعة بشدة في أعماق البحار، من المياه الزرقاء الداكنة إلى اللون الأخضر المضطرب، وتجتاز حافة "السبر" وتتدحرج فوق الجرف القاري في تموجات مضطربة. فوق القاع الضحل، يكتسحون الأرض، ويكسرون الأحجار السبعة للقناة بين جزر سيلي ونهاية الأراضي، ويأتون من فوق الحواف الغارقة والصخور التي تدحرج ظهورهم المتلألئ في المياه المنخفضة. عندما يقتربون من الطرف الصخري لنهاية الأراضي، يمرون فوق أداة غريبة ملقاة في قاع البحر. من خلال الضغط المتقلب لصعودهم وسقوطهم، يخبرون هذه الأداة بأشياء كثيرة عن المياه الأطلسية البعيدة التي أتوا منها، ويتم ترجمة رسائلهم من خلال آلياتها إلى رموز مفهومة للعقل البشري.

إذا زرت هذا المكان وتحدثت إلى أخصائي الأرصاد الجوية المسؤول، فيمكنه إخبارك بتاريخ حياة الأمواج التي تتدحرج، دقيقة بدقيقة وساعة بعد ساعة، حاملين رسائلهم من الأماكن البعيدة. يمكنه أن يخبرك أين تكونت الأمواج بفعل الرياح على الماء، وقوة الرياح التي أنتجتها، ومدى سرعة تحرك العاصفة، ومتى، إذا كان الأمر كذلك، سيصبح من الضروري رفع تحذيرات العاصفة على طول ساحل إنجلترا. سيخبرك أن معظم الأمواج التي تتدحرج على المسجل في نهاية الأرض ولدت في شمال المحيط الأطلسي العاصف باتجاه الشرق من نيوفاوندلاند وجنوب جرينلاند. يمكن إرجاع بعضها إلى العواصف الاستوائية على الجانب الآخر من المحيط الأطلسي، والانتقال عبر جزر الهند الغربية وعلى طول ساحل فلوريدا. عدد قليل منهم انطلقوا من الجزء الجنوبي من العالم، وأخذوا مسار الدائرة الكبرى على طول الطريق من كيب هورن إلى لاندز إند، وهي رحلة طولها ٦٠٠٠ ميل.

الآن أصبحت دراستنا للأمواج ناضجة، ومن جميع الجوانب، يمكننا أن نجد دليلًا على أن الإنسان الحديث يتحول إلى أمواج البحر لأغراض عملية. قبالة رصيف الصيد في لونج برانش، نيو جيرسي، في نهاية خط أنابيب بطول ربع ميل على قاع المحيط، تلاحظ أداة تسجيل الأمواج بصمت وباستمرار وصول الأمواج من المحيط الأطلسي المفتوح. عن طريق النبضات الكهربائية المنقولة عبر خط الأنابيب، يتم نقل ارتفاع كل موجة والفاصل الزمني بين القمم التالية إلى محطة ساحلية ويتم تسجيلها تلقائيًا كرسم بياني. تمت دراسة هذه السجلات بعناية من قبل مجلس تآكل الشاطئ التابع لفيلق المهندسين بالجيش، والذي يشعر بالقلق إزاء معدل التآكل على طول ساحل نيوجيرسي.

قبالة سواحل إفريقيا، التقطت الطائرات التي تحلق على ارتفاع عال مؤخرًا سلسلة من الصور المتداخلة لركوب الأمواج والمناطق البحرية على الفور. من هذه الصور، حدد رجال

مدربون سرعة تحرك الأمواج نحو الشاطئ. ثم طبقوا معادلة رياضية تربط سلوك الأمواج التي تتقدم إلى المياه الضحلة بالأعماق التي تحتها. قدمت كل هذه المعلومات للحكومة البريطانية مسوحات قابلة للاستخدام للأعماق قبالة الساحل لجزء لا يمكن الوصول إليه تقريبًا من إمبراطوريتها، والتي كان من الممكن أن تبدو بطريقة عادية فقط بتكلفة كبيرة وبصعوبة لا نهاية لها. مثل الكثير من معرفتنا الجديدة عن الأمواج، ولدت هذه الطريقة العملية من ضرورة زمن الحرب.

أصبحت التنبؤات بحالة البحر وخاصة ارتفاع الأمواج بمنزلة مقدمات منتظمة للغزو في الحرب العالمية الثانية، وخاصة على الشواطئ المكشوفة في أوروبا وأفريقيا. لكن تطبيق النظرية على الظروف العملية كان صعبًا في البداية. وكذلك كان تفسير التأثير الفعلي لأي ارتفاع متوقع لركوب الأمواج أو خشونة سطح البحر على انتقال الرجال والإمدادات بين القوارب أو من القوارب إلى الشواطئ. كانت هذه المحاولة الأولى لعلم المحيطات العسكري العملي، كما وصفها أحد ضباط البحرية: (أكثر الدروس المخيفة فيما يتعلق بالنقص شبه اليائس في المعلومات الأساسية حول أساسيات طبيعة البحر).

طالما كانت هناك أرض، فإن كتل الهواء المتحركة التي نسميها الرياح تندفع ذهابًا وإيابًا عبر سطحها. وطالما كان هناك محيط، تحركت مياهه بمرور الرياح. معظم الأمواج هي نتيجة تأثير الرياح على الماء. هناك استثناءات، مثل موجات المد والجزر التي تنتجها أحيانًا الزلازل تحت سطح البحر. لكن الأمواج التي يعرفها معظمنا بأسلوب أفضل هي موجات الرياح.

إنه نمط محير تصنعه الأمواج في عرض البحر - مزيج من عدد لا يحصى من القطارات الموجية المختلفة، التي تتداخل، وتتجاوز، أو تمر، أو تبتلع بعضها البعض في بعض الأحيان؛ تختلف كل مجموعة عن المجموعات الأخرى في مكانها وطريقة نشأتها وسرعتها واتجاه

حركتها؛ البعض محكوم عليه بعدم الوصول أبدًا إلى أي شاطئ، والبعض الآخر متجه للدوران عبر نصف محيط قبل أن يذوب في الرعد على شاطئ بعيد.

من هذا الارتباك الذي يبدو ميؤوسًا منه، أدت دراسة المريض للعديد من الرجال على مدى سنوات عديدة إلى قدر مذهل من النظام. بينما لا يزال هناك الكثير لنتعلمه عن الموجات، والكثير الذي يتعين القيام به لتطبيق ما هو معروف لصالح الإنسان، إلا أن هناك أساسًا قويًا من الحقائق يمكن على أساسه إعادة بناء تاريخ حياة الموجة، والتنبؤ بسلوكها في ظل كل التغييرات المتغيرة. ظروف حياتها، وتنبأ بتأثيرها على الشؤون الإنسانية.

الآن دعونا نفترض أنه بعد فترة من الهدوء، نشأت عاصفة في المحيط الأطلسي، ربما على بعد ألف ميل من ساحل نيوجيرسي حيث نقضي عطلة صيفية. رياحها تهب بأسلوب غير منتظم، مع هبات مفاجئة، متغيرة الاتجاه ولكن بوجه عام تهب على الشاطئ. تستجيب ورقة الماء تحت الرياح للضغوط المتغيرة. لم يعد سطحًا مستويًا؛ يصبح مجعدًا بأحواض وتلال متناوبة. تتحرك الأمواج باتجاه الساحل، والرياح التي خلقتها تتحكم في مصيرها. مع استمرار العاصفة وتحرك الأمواج نحو الشاطئ، تتلقى طاقة من الرياح وتزداد في الارتفاع. حتى نقطة ما، سيستمرون في أخذ طاقة الرياح الشرسة لأنفسهم، حيث يزداد ارتفاعها مع امتصاص قوة العاصفة، ولكن عندما تصبح الموجة حوالي سبع ارتفاع من قاع إلى قمة مثل المسافة إلى القمة التالية ستبدأ في الانقلاب في أغطية الرغوة البيضاء. غالبًا ما تهب رياح قوة الأعاصير قمم الأمواج بعنفها المطلق؛ في مثل هذه العاصفة، قد تتطور أعلى الأمواج بعد أن تبدأ الرياح في الهدوء.

لكن بالعودة إلى موجتنا النموذجية، التي ولدت من الرياح والمياه البعيدة في المحيط الأطلسي، والتي نمت إلى أقصى ارتفاع لها على طاقة الرياح، مع الأمواج المصاحبة لها التي

تشكل نمطًا مشوشًا وغير منتظم يُعرف باسم (البحر / الأمواج). يمر تدريجيًّا من منطقة العاصفة يتناقص ارتفاعها، وتزداد المسافة بين القمم المتتالية، ويتضخم "البحر"، ويتحرك بسرعة متوسطة تبلغ حوالي ١٥ ميلًا في الساعة. بالقرب من الساحل، اسْتُبْدِلَ اضطراب البحر المفتوح بنمط من الانتفاخات الطويلة المنتظمة. ولكن مع دخول الانتفاخ إلى المياه الضحلة، يحدث تحول مذهل. لأول مرة في وجودها، تشعر الموجة بسحب القاع الضحل. تتباطأ سرعته، وتتجمع قمم الموجات التالية تجاهه، ويزداد ارتفاعه فجأة ويشتد شكل الموجة. ثم مع اندفاع متدفق من الماء يسقط في حوضه، يذوب في خليط من الرغوة.

يمكن للمراقب الذي يجلس على الشاطئ أن يخمن على الأقل بذكاء ما إذا كانت الأمواج قد انسكبت على الرمال قبل أن تكون ناتجة عن عاصفة قريبة من الشاطئ أو عن طريق عاصفة بعيدة. الأمواج الصغيرة، التي تشكلت بفعل الريح مؤخرًا، لها شكل شديد الانحدار وذروة حتى في البحر. من بعيد في الأفق، يمكنك أن تراهم يشكلون رؤوسًا بيضاء عند دخولهم؛ قطع من الرغوة تتساقط على جبهاتهم وتغلي وتتطاير فوق الوجه المتقدم، والكسر النهائي للموجة هو عملية مطولة ومدروسة. ولكن إذا كانت الموجة، عند دخولها منطقة الأمواج، تظهر عاليًا كما لو أنها تجمع كل قوتها من أجل الفعل الأخير من حياتها، إذا تشكلت القمة على طول مقدمتها المتقدمة ثم تبدأ في الانحناء للأمام، إذا كانت كتلة الماء بأكملها يغرق فجأة مع هدير مدوي في قاعه – ثم قد تعتقد أن هذه الأمواج هي زوار من جزء بعيد جدًّا من المحيط، وأنهم سافروا طويلًا وبعيدًا قبل انحلالهم النهائي عند قدميك.

ما ينطبق على الموجة الأطلسية التي اتبعناها هو، بوجه عام، حقيقة موجات الرياح في جميع أنحاء العالم. الأحداث في حياة الموجة كثيرة. كم من الوقت ستعيش، إلى أي مدى ستسافر، إلى أي نهاية ستأتي، كلها تتحدد، إلى حد كبير، من خلال الظروف التي تلبيها في

تقدمها عبر وجه البحر. لأن الصفة الأساسية للموجة هي أنها تتحرك. كل ما يعيق حركتها أو يوقفها يحكم عليها بالفناء والموت.

قد تؤثر القوى داخل البحر نفسه على الموجة بأسلوب أعمق. تنطلق بعض أفظع حالات الغضب في المحيط عندما تعبر تيارات المد والجزر مسار الأمواج أو تتحرك في معارضة مباشرة لها. هذا هو سبب "مجاثم" اسكتلندا الشهيرة، مثل تلك التي تقع قبالة سوم برغ هيد، في أقصى الطرف الجنوبي لجزر شيتلاند. أثناء الرياح الشمالية الشرقية، يكون المجثم هادئًا، ولكن عندما تتدحرج الأمواج الناتجة عن الرياح من أي حي آخر، فإنها تواجه تيارات المد والجزر، إما متدفقة في اتجاه الشاطئ في الفيضان أو باتجاه البحر عند المنحدر. إنه مثل لقاء اثنين من الوحوش البرية. تدور معركة الأمواج والمد والجزر على مساحة من البحر قد يكون عرضها ثلاثة أميال عندما يكون المد والجزر يعمل بكامل قوته، أولًا قبالة رأس سوم بيرغ، ثم يتحول تدريجيًّا باتجاه البحر، ويخمد فقط مع الركود المؤقت للمد والجزر. في هذا البحر المشوش والمتدهور والمتفجر، غالبًا ما تصبح السفن غير قابلة للإدارة تمامًا وأحيانًا يكون مؤسس/ يقول طيار الجزر البريطانية، بينما رُمِيَ الآخرين لعدة أيام معًا. التي توارثتها أجيال من الرجال الملاحين. كما كان الحال في زمن أجدادنا وأجدادهم، فإن Bore of Duncansby و Merry Men of Mey غاضبون على طرفي نقيض من Pentland Firth، الذي يفصل جزر Orkney عن الطرف الشمالي من اسكتلندا.

لطالما كان ساحل المغرب تحت رحمة الانتفاخ، لأنه لا يوجد ميناء محمي من مضيق جبل طارق جنوبًا لنحو ٥٠٠ ميل. البكرات التي تزور جزر أسنسيون في المحيط الأطلسي، وسانت هيلانة، وجنوب ترينيداد، وفرناندو دي نورونها هي تاريخية. يبدو أن نفس النوع من الموجات يحدث على ساحل أمريكا الجنوبية بالقرب من ريو دي جانيرو، حيث يُعرف باسم ريساكاس

؛ وقام آخرون من ذوي الطبيعة القبلية بمهاجمة شواطئ جزر بوموتوس ، بعد أن اجتازوا مسارهم من العواصف في حزام الرياح الغربية في جنوب المحيط الهادئ ؛ لا يزال آخرون مسؤولين عن "أيام ركوب الأمواج" المعروفة التي ابتليت بها ساحل المحيط الهادئ في أمريكا الجنوبية. وفقًا لروبرت كوشمان مورفي، كان من عادة ربابنة السفن في تجارة ذرق الطائر أن يطلبوا بدلًا خاصًا لعدد معين من الأيام التي يتم خلالها توقف تحميل سفنهم بسبب الانتفاخ. في أيام ركوب الأمواج هذه، تأتي البكرات القوية متدفقة فوق جدار البحر، ومن المعروف أنها تحمل أربعين طنا من عربات الشحن، لاقتلاع الأرصفة الخرسانية، ولف القضبان الحديدية مثل الأسلاك.

إن التقدم البطيء للانتفاخ من مكانه الأصلي مكّن المحمية المغربية من إنشاء خدمة للتنبؤ بحالة البحر. تم ذلك في عام ١٩٢١، بعد تجربة طويلة ومزعجة مع السفن المحطمة والأرصفة. تقدم التقارير البرقية اليومية عن حالة البحر إشعارًا مسبقًا بأيام ركوب الأمواج المزعجة. تحذيرًا من اقتراب الأمواج، قد تسعى السفن في الموانئ إلى الأمان في عرض البحر. قبل إنشاء هذه الخدمة، كان ميناء الدار البيضاء مشلولًا لمدة سبعة أشهر، وشهدت سانت هيلانة تقريبًا حطام جميع السفن في ميناءها في مناسبة واحدة أو أكثر. ستوفر أدوات تسجيل الموجات الحديثة مثل تلك التي يتم اختبارها الآن في إنجلترا والولايات المتحدة أمانًا أكبر لجميع هذه الشواطئ قريبًا.

إن الغيب دائمًا هو الذي يثير خيالنا بعمق، وكذلك الأمر مع الأمواج. أكبر موجات المحيط وأكثرها إثارة للرهبة غير مرئية؛ ينتقلون في مساراتهم الغامضة إلى أسفل في أعماق البحر الخفية، ويتدحرجون بكثافة ودون توقف. لسنوات عديدة، كان معروفًا أن سفن الرحلات الاستكشافية في القطب الشمالي غالبًا ما تكون محاصرة تقريبًا ولا تتقدم إلا بصعوبة فيما يسمى

"بالمياه الميتة" – يُعرف الآن على أنها موجات داخلية عند الحدود بين طبقة سطحية رقيقة من المياه العذبة والماء المالح الأساسي. في أوائل القرن العشرين، لفت العديد من مصممي الهيدروغرافيا الإسكندنافيين الانتباه إلى وجود موجات غواصة، لكن جيلًا آخر كان ينقضي قبل أن يمتلك العلم الأدوات اللازمة لدراستها بدقة.

الآن، على الرغم من أن الغموض لا يزال يحيط بأسباب هذه الموجات العظيمة التي ترتفع وتنخفض، تحت السطح بعيدًا، فإن حدوثها على مستوى المحيط مؤكد جيدًا. في المياه العميقة، قاموا بإلقاء الغواصات، تمامًا كما وضع نظرائهم على السطح السفن في التدحرج. يبدو أنها تكسر ضد تيار الخليج وتيارات قوية أخرى في نسخة أعماق البحار من الاجتماع الدراماتيكي للأمواج السطحية وتيارات المد والجزر المتعارضة. من المحتمل أن تحدث موجات داخلية أينما كانت هناك حدود بين طبقات المياه غير المتشابهة، تمامًا كما تحدث الأمواج التي نراها عند الحد الفاصل بين الهواء والبحر. لكن هذه موجات لم تتحرك قط على سطح المحيط. الكتل المائية المعنية كبيرة بأسلوب لا يمكن تصوره، حيث يصل ارتفاع بعض الأمواج إلى ٣٠٠ قدم.

من تأثيرها على الأسماك والحياة الأخرى في أعماق البحار لدينا فقط أضعف تصور. يقول العلماء السويديون إن حلقة الهيرو تُحمل أو تُسحب إلى بعض حرائق السويد عندما تتدحرج الموجات الداخلية العميقة فوق العتبات المغمورة وتنتقل إلى الأخاديد. في المحيط المفتوح، نعلم أن الحدود بين الكتل المائية ذات درجات الحرارة أو الملوحة المختلفة غالبًا ما تكون حاجزًا قد لا تمر به الكائنات الحية، بعد تعديلها بدقة وفقًا لظروف معينة. هل هذه المخلوقات نفسها تتحرك بعد ذلك لأعلى ولأسفل مع لف الأمواج العميقة؟ وماذا يحدث للحيوانات السفلية في المنحدر القاري، مع تعديلها، ربما، لمياه ذات دفء غير متغير؟ ما هو

مصيرهم عندما تتحرك الأمواج من منطقة القطب الشمالي الباردة، تتدحرج مثل عاصفة تتزلج على تلك المنحدرات العميقة والمظلمة؟ في الوقت الحاضر نحن لا نعرف. لا يسعنا إلا أن نشعر أنه في أعماق البحار المضطربة توجد ألغاز خفية أكبر بكثير من أي ألغاز قمنا بحلها.





تشكل منحدرات دوفر بلايين لا حصر لها من القذائف الصغيرة

















الرياح والشمس ودوران الأرض

«على مدار آلاف السنين، استطاع ضوء الشمس والبحر والرياح العاتية أن يتلازما معًا»

لولين برويز

بينما كان الباتروس ٣ يتلمس طريقه وسط الضباب فوق بنك جورج طوال أسبوع واحد في منتصف صيف عام ١٩٤٩، كان لدى من كانوا على متنه دليلًا شخصيًا على قوة تيار المحيط العظيم. لم يكن هناك على الإطلاق أقل من مائة ميل من مياه المحيط الأطلسي الباردة بيننا وبين تيار الخليج، لكن الرياح كانت تهب باستمرار من الجنوب وتدحرجت أنفاس التيار الدافئ فوق الضفة. أدى الجمع بين الهواء الدافئ والماء البارد إلى ظهور ضباب لا ينتهي. يومًا بعد يوم، كان القطرس يتحرك في غرفة دائرية صغيرة، كانت جدرانها ستائر رمادية ناعمة وأرضيتها ذات نعومة زجاجية. في بعض الأحيان، كان طائر النوء يطير عبر هذه الغرفة، برفرفة شبيهة بالبلع، يدخلها ويغادرها بالمرور عبر جدرانها كما لو كان من خلال السحر. في الأمسيات، كانت الشمس قبل غروبها عبارة عن قرص فضي شاحب معلق في تجهيزات السفينة، تلتقط شرائط الضباب المنجرفة إشراقًا منتشرًا وتخلق مشهدًا جعلنا نبحث في ذكرياتنا عن اقتباسات من Coleridge. كان الإحساس بحضور قوي محسوس ولكن لم يُر، وقربه

واضحًا ولكن لم يتم الكشف عنه قط، كان أكثر دراماتيكية بأسلوب لا نهائي من المواجهة المباشرة مع التيار.

التيارات الدائمة للمحيط، بطريقة ما، هي أروع ظواهرها. عند التفكير فيها، يتم إخراج عقولنا فورًا من الأرض حتى نتمكن من النظر، كما هو الحال من كوكب آخر، إلى دوران الكرة الأرضية، والرياح التي تزعج سطحه بعمق أو تحيط به برفق، وتأثير الشمس والقمر. لأن كل هذه القوى الكونية مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالتيارات العظيمة للمحيط، مما يكسبها الصفة التي أحبها أكثر من كل تلك التي تنطبق عليها – التيارات الكوكبية.

منذ أن بدأ العالم، تغيرت التيارات المحيطية بلا شك مساراتها عدة مرات (نعلم، على سبيل المثال، أن تيار الخليج لا يزيد عمره عن ٦٠ مليون سنة)؛ لكنه سيكون كاتبًا جريئًا سيحاول وصف نمطهم في العصر الكامبري، على سبيل المثال، أو في العصر الديفوني، أو في العصر الجوراسي. وبقدر ما يتعلق الأمر بالفترة القصيرة من تاريخ البشرية، فمن غير المرجح أن يكون هناك أي تغيير مهم في الأنماط الرئيسة للدورة المحيطية، وأول ما يثير إعجابنا بشأن الإيجارات هو دوامها. هذا ليس مفاجئًا، لأن القوى التي تنتج التيارات تظهر القليل من الميل للتغيير ماديًا على مدى دهور من الزمن الأرضي. يتم توفير القوة الدافعة الأساسية بواسطة الرياح؛ التأثيرات المعدلة هي الشمس، ودوران الأرض نحو الشرق، وكتل القارات المعوقة.

يتم تسخين سطح البحر بأسلوب غير متساوٍ بفعل الشمس؛ عند تسخين الماء يتمدد ويصبح أخف وزنًا، بينما الماء البارد يصبح أثقل وأكثر كثافة. من المحتمل أن يكون التغيير الخارجي البطيء للمياه القطبية والاستوائية ناتجًا عن هذه الاختلافات، حيث تتحرك المياه الساخنة في المناطق المدارية باتجاه القطب في الطبقات العليا، وتتسلل المياه القطبية نحو خط الاستواء على طول قاع البحر. لكن هذه الحركات محجوبة وفقدت إلى حد كبير في الاجتياح

الأكبر للتيارات التي تحركها الرياح. الرياح الأكثر ثباتًا هي التجارة، حيث تهب قطريًّا نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي والجنوب الشرقي. إن التجارة هي التي تحرك التيارات الاستوائية حول العالم. فيما يتعلق بالرياح والمياه على حد سواء، كما هو الحال في كل ما يتحرك، سواء كان سفينة أو رصاصة أو طائرًا، تمارس الأرض الدوارة قوة انحراف، وتحول جميع الأجسام المتحركة إلى اليمين في نصف الكرة الشمالي وإلى اليسار في الجنوب. من خلال العمل المشترك لهذه القوى وغيرها، فإن الأنماط الحالية الناتجة تدور ببطء حول الدوامات، وتتحول إلى اليمين، أو في اتجاه عقارب الساعة، في المحيطات الشمالية، وإلى اليسار، أو عكس اتجاه عقارب الساعة، في الجنوب.

هناك استثناءات، والمحيط الهندي، الذي لا يبدو أبدًا مثل الآخرين، هو محيط مهم. تحكمها الرياح الموسمية المتقلبة، تتغير تياراتها مع المواسم. شمال خط الاستواء، قد يكون اتجاه تدفق الكتل الهائلة من المياه إما شرقًا أو غربًا، اعتمادًا على الرياح الموسمية التي تهب. يوجد في الجزء الجنوبي من هذا المحيط نمط نموذجي إلى حد ما عكس اتجاه عقارب الساعة: غربًا تحت خط الاستواء، وجنوبًا على طول الساحل الإفريقي، ومن الشرق إلى أستراليا على الرياح الغربية، شمالًا عن طريق مسارات ملتوية وموسمية متغيرة، وهنا يتم التخلي عن الماء للمحيط الهادئ وهناك تتلقى مساهمات منه.

يعد المحيط المتجمد الجنوبي، كونه مجرد شريط مستمر من المياه يحيط بالكرة الأرضية، استثناءً آخر للنمط الحالي النموذجي. تتجه مياهها باستمرار إلى الشرق والشمال الشرقي بواسطة الرياح من الغرب والجنوب الغربي، وتعطى التيارات السرعة بكميات المياه العذبة المتدفقة من ذوبان الجليد. انها ليست تداول مغلق. تنطلق المياه، في التيارات السطحية والممرات العميقة، إلى المحيطات المجاورة، وفي المقابل يتم الحصول على مياه أخرى منها.

في المحيط الأطلسي والمحيط الهادئ نرى بوضوح أكبر تفاعل القوى الكونية التي تنتج التيارات الكوكبية.

ربما بسبب القرون الطويلة التي تم خلالها عبور المحيط الأطلسي وإعادة عبوره بواسطة طرق التجارة، كانت تياراته معروفة لرجال البحار منذ فترة طويلة وأفضل درس من قبل علماء المحيطات. كانت التيارات الاستوائية السارية بقوة مألوفة لأجيال من البحارة في أيام الشراع. لقد تم تحديد مسارهم إلى الغرب بحيث لا تستطيع السفن التي تنوي المرور إلى جنوب المحيط الأطلسي أن تحرز أي تقدم ما لم تكن قد اكتسبت الاتجاه الشرقي الضروري في منطقة التجارة الجنوبية الشرقية. كانت سفن بونس دي ليون الثلاث، التي أبحرت جنوبًا من كيب كانافيرال إلى تورتوجاس في عام ١٥١٣، غير قادرة في بعض الأحيان على وقف تيار الخليج، و"على الرغم من رياحها العاتية، إلا أنها لم تتمكن من المضي قدمًا، ولكن للخلف. بعد بضع سنوات، تعلم ربابنة السفن الأسبان الاستفادة من التيارات، حيث أبحروا غربًا في التيار الاستوائي، لكنهم عادوا إلى الوطن عبر Gulf Stream حتى كيب هاتيراس ، حيث انطلقوا في المحيط الأطلسي المفتوح.

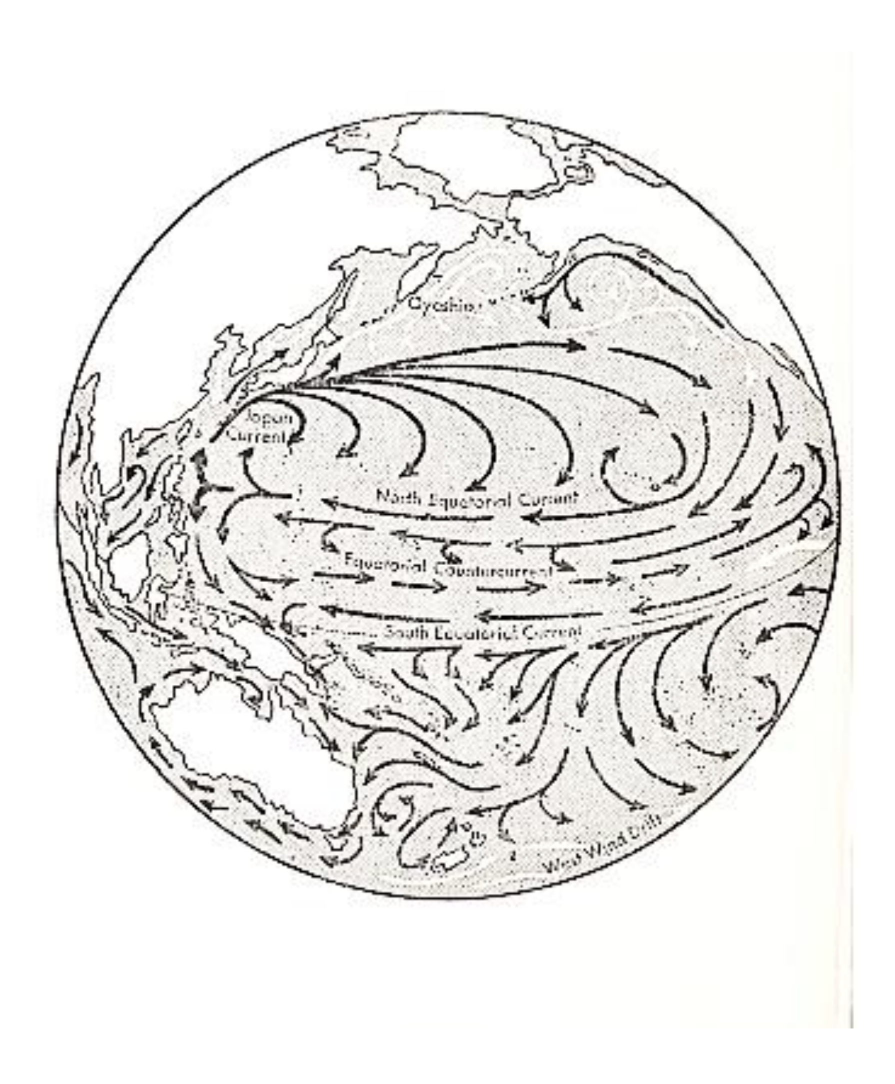
وأُعِدَّ الرسم البياني الأول لتيار الخليج حوالي عام ١٧٦٩ تحت إشراف بنجامين فرانكلين عندما كان نائب مدير البريد العام للمستعمرات. كان مجلس الجمارك في بوسطن قد اشتكى من أن رزم البريد الواردة من إنجلترا تستغرق أسبوعين أطول للقيام بالعبور باتجاه الغرب مقارنة بالسفن التجارية في رود آيلاند. فرانكلين، في حيرة من أمره، أخذ المشكلة إلى قبطان البحر في نانتوكيت، تيموثي فولجر، الذي أخبره أن هذا قد يكون صحيحًا جدًّا لأن قباطنة رود آيلاند كانوا على دراية جيدة بتيار الخليج، وتجنبوا ذلك عند العبور غربًا، في حين كان القباطنة الإنجليز ليس إلا.

ربما تكون طاقة التيار قبالة جنوب فلوريدا ناتجة عن حقيقة أنه هنا يتدفق في الواقع إلى أسفل التل. الرياح الشرقية القوية تتراكم الكثير من المياه السطحية في قناة يوكاتان الضيقة وفي خليج المكسيك بحيث يكون مستوى سطح البحر هناك أعلى مما هو عليه في المحيط الأطلسي المفتوح. في سيدار كيز، على ساحل خليج فلوريدا، يبلغ مستوى سطح البحر ١٩ سم (حوالي ٧,٥ بوصات) أعلى مما كان عليه في سانت أوغسطين. هناك مزيد من التفاوت في المستوى داخل التيار نفسه. ينحرف الماء الأخف عن طريق دوران الأرض نحو الجانب الأيمن من التيار، بحيث ينحدر سطح البحر في الواقع باتجاه اليمين داخل تيار الخليج. على طول ساحل كوبا، يبلغ ارتفاع المحيط حوالي ١٨ بوصة عن طول البر الرئيس، مما يزعج تمامًا مفاهيمنا القائلة بأن "مستوى سطح البحر" هو تعبير حرفي.

في اتجاه الشمال، يتبع التيار خطوط المنحدر القاري حتى نزول كيب هاتيراس، ومن ثم يتجه أكثر نحو البحر، ويهجر الحافة الغارقة للأرض. لكنها تركت آثارها في القارة. يبدو أن الرؤوس الأربعة المنحوتة بأسلوب جميل لساحل المحيط الأطلسي الجنوبي - كانافيرال، فير، لوكاوت، هاتيراس - قد تم تشكيلها على ما يبدو بواسطة دوامات قوية أقيمت عند مرور التيار. كل منها هو نتوء بإسقاط باتجاه البحر؛ بين كل زوج من الرؤوس، يمتد الشاطئ في قوس منحني طويل - تعبيرًا عن المياه الدوامة بأسلوب متناغم لدوامات جلف ستريم.

بعد هاتيراس، يترك التيار الرف، متجهًا شمالًا شرقًا، كتيار ضيق ومتعرج، دائمًا ما يكون منفصلاً بأسلوب حاد عن الماء على كلا الجانبين. خارج "ذيل" جراند بانكس، يتم رسم الخط بأسلوب حاد للغاية بين مياه القطب الشمالي الباردة ذات اللون الأخضر الزجاجي لتيار لابرادور والأزرق النيلي الدافئ للتيار. في فصل الشتاء، يكون التغير في درجة الحرارة عبر الحدود الحالية مفاجئًا لدرجة أنه عندما تعبر سفينة إلى الخليج - قد يكون تيار قوسها مؤقتًا في

الماء ٢٠ درجة أكثر دفئًا من مؤخرة السفينة، كما لو كان (الجدار البارد) حاجزًا صلبًا يفصل كتلتان مائيتان. يقع أحد أكثر بنوك الضباب كثافة في العالم في هذه المنطقة فوق المياه الباردة لتيار لابرادور – وهو بياض كثيف وشامل يمثل استجابة الغلاف الجوي لغزو تيار الخليج للبحار الشمالية الباردة.


Oyashio
Japan Current
North Equatorial Current
Equatorial Countercurrent
South Equatorial Current
West Wind Drift



مسار الأنظمة الحالية العظيمة التي تحركها الرياح في المحيطين الأطلسي والهادئ. تظهر التيارات الباردة باللون الأبيض؛ الحارة أو المتوسطة باللون الأسود.

حيث يشعر التيار بارتفاع قاع المحيط المعروف باسم "ذيل" جراند بانكس، ينحني باتجاه الشرق ويبدأ في الانتشار إلى العديد من الألسنة المعقدة. من المحتمل أن قوة المياه القطبية الشمالية، المياه التي نزلت من خليج بافن وغرينلاند، محملة بجبالها الجليدية، تساعد في دفع التيار إلى الشرق – وهذا، وقوة الانحراف لدوران الأرض، دائمًا ما تحول التيارات إلى اليمين. يتم تشغيل تيار لابرادور نفسه (كونه تيارًا متحركًا جنوبيًا) باتجاه البر الرئيس. في المرة القادمة التي تتساءل فيها عن سبب برودة المياه في بعض المنتجعات الساحلية في شرق الولايات المتحدة، تذكر أن مياه تيار لابرادور تقع بينك وبين تيار الخليج.

عند المرور عبر المحيط الأطلسي، يصبح التيار أقل تيارًا من انجراف الماء، وينتشر في ثلاث اتجاهات رئيسة: جنوبًا إلى سارجاسو؛ شمالًا إلى البحر النرويجي، حيث تشكل دوامات ودوامات عميقة؛ شرقًا لتدفئة ساحل أوروبا (حتى يمر بعضها إلى البحر الأبيض المتوسط) ومن ثم مثل تيار الكناري للانضمام إلى التيار الاستوائي وإغلاق الدائرة [1].

([1]) (ح. م): أصبح الحديث بين علماء المحيطات الآن عن نظام تيار الخليج، مما يعكس اكتشاف أن شرق كيب هاتيراس لم يعد هناك نهر مستمر من المياه الدافئة ولكن "سلسلة من التيارات المتداخلة مرتبة إلى حد ما مثل الألواح على السطح". لا يقتصر الأمر على "تداخل" التيارات ولكنها ضيقة وسريعة. من المعروف الآن أن الفروع الرئيسة للجدول التي تم التعرف عليها منذ فترة طويلة شرق Grand Banks نشأت من أقصى الغرب إلى الغرب من البنوك، ولم تتطور كفروع بالمعنى العادي ولكن كسلسلة من التيارات الجديدة، كل منها إلى الشمال من الأقدم التالي.

نظرًا لأن علماء المحيطات يدرسون المزيد حول ديناميكيات الدوران في البحر، فإنهم يصابون أكثر فأكثر بالتشابهات بين محيط الماء ومحيط الهواء. علق كولومبوس إيزلين، أحد الطلاب الرائدين في تيار الخليج، على تفرع التيار من حيث تشبيه رائع: "يبدو أن الكثير من الظواهر نفسها موجودة في التيارات النفاثة الموجودة على ارتفاعات عالية في الأحزمة الكبيرة يقول: "الرياح الغربية السائدة في خطوط العرض الوسطى"، على الرغم من أن كل طائرة نفاثة جوية لها أبعاد أكبر من التقسيم الفرعي المتداخلة لنظام تيار الخليج.

تعتبر التيارات الأطلسية في نصف الكرة الجنوبي عمليًّا صورة معكوسة لتلك الموجودة في الشمال. يتحرك اللولب الكبير عكس اتجاه عقارب الساعة - الغرب والجنوب والشرق والشمال. هنا التيار السائد في الشرق بدلًا عن الجزء الغربي من المحيط. إنه تيار Benguela، نهر من الماء البارد يتحرك شمالًا على طول الساحل الغربي لإفريقيا. يفقد التيار الاستوائي الجنوبي، في وسط المحيط، تيار قوي (قال علماء تشالنجر إنه تدفق عبر صخور سانت بول مثل طاحونة) جزءًا كبيرًا من مياهه إلى شمال المحيط الأطلسي قبالة سواحل أمريكا الجنوبية - حوالي ٦ ملايين مكعب متر في الثانية. الباقي يصبح تيار البرازيل، الذي يدور جنوبًا ثم يتحول شرقًا مثل جنوب المحيط الأطلسي أو أنتاركتيكا. الكل عبارة عن نظام من حركات المياه الضحلة، لا يشمل خلال معظم مساره أكثر من مائة قامة عليا.

التيار الاستوائي الشمالي للمحيط الهادئ هو أطول تيار غربي يسير على الأرض، ولا يوجد ما يحرفه في مساره البالغ ٩٠٠٠ ميل من بنما إلى الفلبين. هناك، عند مواجهة حاجز الجزر، يتأرجح معظمها شمالًا مثل التيار الياباني - النظير الآسيوي لتيار الخليج. جزء صغير يستمر في مساره الغربي، ويشعر بطريقه وسط متاهة الجزر الآسيوية. ينقلب الجزء على نفسه ويتدفق مرة أخرى على طول خط الاستواء باعتباره التيار المعاكس الاستوائي. تيار اليابان - المسمى كوروشيو أو التيار الأسود بسبب اللون الأزرق النيلي العميق لمياهه - يتدحرج شمالًا على طول الجرف القاري قبالة شرق آسيا، حتى يتم دفعه بعيدًا عن القارة بواسطة كتلة من المياه الجليدية - أوياشيو - التي تصب من بحر أوخوتسك وبحر بيرينغ. يلتقي التيار الياباني مع أوياشيو في منطقة ضبابية ورياح عاصفة، كما هو الحال في شمال المحيط الأطلسي، يتسم اجتماع تيار الخليج وتيار لابرادور بالضباب. ينجرف التيار الياباني نحو أمريكا، ويشكل الجدار الشمالي لدوامة شمال المحيط الهادئ الكبرى. تصبح مياهها الدافئة باردة مع دفعات من الماء القطبي البارد من

أوياشيو، والأليوتيين، وألاسكا. عندما يصل إلى البر الرئيس لأمريكا يكون تيارًا باردًا، يتحرك جنوبًا على طول ساحل كاليفورنيا. هناك يتم تبريده بأسلوب أكبر من خلال عمليات تحديث المياه العميقة وله علاقة كبيرة بالمناخ الصيفي المعتدل للساحل الغربي الأمريكي. قبالة كاليفورنيا السفلى، تنضم مرة أخرى إلى التيار الاستوائي الشمالي.

مع كل ضخامة الفضاء في جنوب المحيط الهادئ، يجب أن نتوقع أن نجد هنا أقوى تيارات المحيطات، ولكن هذا لا يبدو صحيحًا. إن مسار التيار الاستوائي الجنوبي يتقطع في كثير من الأحيان بسبب الجزر، التي تعمل على تحويل مجاري مياهها إلى الحوض المركزي إلى الأبد، حتى أنه بحلول الوقت الذي يقترب فيه من آسيا، يكون، خلال معظم الفصول، تيارًا ضعيفًا نسبيًّا، يضيع في حالة من الارتباك والارتباك. نمط غير واضح المعالم حول جزر الهند الشرقية وأستراليا. ١٥ انجراف الرياح الغربية أو تيار القطب الجنوبي - القوس القطبي للولب - ولد من أقوى رياح في العالم، تحلق عبر امتدادات المحيطات التي لم تقطعها الأرض تقريبًا. تفاصيل هذا، كما هو الحال في معظم التيارات في جنوب المحيط الهادئ، غير معروفة بأسلوب كامل. تمت دراسة واحدة فقط بدقة - هومبولت - وهذا له تأثير مباشر على الشؤون الإنسانية لدرجة أنه يطغى على جميع الآخرين.

يتدفق تيار هومبولت، الذي يُطلق عليه أحيانًا اسم بيرو، شمالًا على طول الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، حاملًا مياهًا باردة تقريبًا مثل القارة القطبية الجنوبية التي تأتي منها. لكن بردها هو في الواقع برد أعماق المحيط، لأن التيار يقوى من ارتفاع مستمر تقريبًا من طبقات المحيط السفلي. بسبب Humboldt، تعيش طيور البطريق تقريبًا تحت خط الاستواء، في جزر غالاباغوس. في هذه المياه الباردة الغنية بالمعادن، توجد وفرة من الحياة البحرية ربما لا مثيل لها في أي مكان آخر في العالم. الحاصدون المباشرون لهذه الحياة البحرية ليسوا رجالًا، بل

ملايين من طيور البحر. من تراكمات ذرق الطائر المشمسة التي تبيض المنحدرات الساحلية والجزر، يحصل الأمريكيون الجنوبيون، من جهة ثانية، على ثروة تيار همبولت.

على الرغم من أن مثل هذه العروض المثيرة للارتفاع إلى السطح يمكن رؤيتها والتعرف عليها من قبل عدد قليل نسبيًّا من الناس، إلا أن هذه العملية تحدث بانتظام قبالة عدد من السواحل وفي العديد من الأماكن في المحيط المفتوح. أينما يحدث، فهو مسؤول عن وفرة الحياة. تعتمد بعض أكبر مصايد الأسماك في العالم على مياه القاع. يشتهر الساحل الجزائري بمصايد السردين. السردين وفير هنا لأن تيارات المياه العميقة والباردة المتصاعدة توفر المعادن لدعم الأعداد الفلكية من الدياتومات. الساحل الغربي للمغرب، والمنطقة المقابلة لجزر كاوناري والرأس الأخضر، والساحل الجنوبي الغربي لإفريقيا هي مواقع أخرى لارتفاع المياه على نطاق واسع وما يترتب على ذلك من ثراء للحياة البحرية. هناك وفرة مذهلة من الحيوانات السمكية في بحر العرب بالقرب من عمان وعلى الساحل الصومالي بالقرب من رأس هافون، وكلاهما يحدث في مناطق المياه الباردة التي ترتفع من الأعماق. في التيار الاستوائي الجنوبي شمال جزيرة أسنشن يوجد "لسان من البرد" ينتج عن ارتفاع مياه البحر من القاع. إنها غنية بطريقة غير عادية بالعوالق. صعود المياه حول جزيرة جورجيا الجنوبية، شرق كيب هورن، يجعلها واحدة من مراكز صيد الحيتان في العالم. على الساحل الغربي للولايات المتحدة، يصل صيد السردين في بعض الأحيان إلى مليار رطل في السنة، مما يدعم واحدة من أكبر مصايد الأسماك في العالم. لم يكن من الممكن أن توجد مصايد الأسماك إلا في مياه الصرف الصحي، التي تطلق السلسلة البيولوجية القديمة المألوفة: الأملاح، الدياتومات، مجدافيات الأرجل، الرنجة. أسفل الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، يُحافَظ على الوفرة المذهلة للحياة في Humboldt من خلال تدفق المياه،

والذي لا يحافظ فقط على مياه البرد الحالي في كل مساره البالغ ٢٥٠٠ ميل إلى جزر غالاباغوس، ولكنه يجلب الأملاح المغذية من الطبقات العميقة.

عندما يحدث ارتفاع في المياه على طول السواحل، فإنه نتيجة تفاعل عدة قوى – الرياح، والتيارات السطحية، ودوران الأرض، وشكل المنحدرات الخفية لأساسات القارة. عندما تهب الرياح، جنبًا إلى جنب مع التأثير المنحرف للدوران، على المياه السطحية في الخارج، يجب أن ترتفع المياه العميقة لتحل محلها.

قد يحدث ارتفاع في المياه في عرض البحر أيضًا، ولكن لأسباب مختلفة تمامًا. عندما يتباعد تياران متحركان بقوة، يجب أن يرتفع الماء من الأسفل لملء المكان الذي تنفصل فيه التيارات. أحد هذه الأماكن يقع في أقصى الحدود الغربية للتيار الاستوائي في المحيط الهادئ، حيث يتحول التيار المتحرك بقوة ويصب جزءًا من مياهه مرة أخرى في التيار المعاكس، وجزءًا شمالًا نحو اليابان. هذه مياه مضطربة ومشوشة. هناك قوة سحب نحو الشمال يتحول بها التيار الرئيس، الحساس لقوة الأرض الدوارة، إلى اليمين. هناك الدوامات والدوامات التي ينقلب بها التيار الأصغر مرة أخرى على نفسه ويتدفق عائدًا إلى شرق المحيط الهادئ. هناك اندفاع من الأسفل لملء الأخدود العميق بين الجداول. في حالة القلق الناتج عن مياه المحيط، المبردة من الأسفل، تزدهر الكائنات الحية الأصغر للعوالق. ومع تكاثرها، فإنها توفر الغذاء لمخلوقات العوالق الكبيرة، والتي بدورها توفر طعامًا للحبار والأسماك. هذه المياه غنية بالحياة بأسلوب مذهل، وهناك أدلة على أنها قد تكون كذلك منذ آلاف السنين. اكتشف علماء المحيطات السويديون مؤخرًا أنه تحت هذه المناطق من التباعد تكون طبقة الرواسب سميكة بأسلوب استثنائي – وهي الطبقة المكونة من كل ما تبقى من المليارات والمليارات من الكائنات الدقيقة التي عاشت وماتت في هذا المكان.

إن حركة المياه السطحية نحو الأسفل في الأعماق هي حدث درامي مثل الانقلاب، وربما يملأ العقل البشري بإحساس أكبر بالرهبة والغموض، لأنه لا يمكن رؤيته ولكن يمكن تخيله فقط. في العديد من الأماكن المعروفة، يحدث التدفق الهابط لكميات هائلة من المياه بانتظام. تغذي هذه المياه التيارات العميقة التي لا نمتلك سوى المعرفة الخافتة في مساراتها. نحن نعلم أن هذا كله جزء من نظام أرصدة المحيط، والذي من خلاله تدفع لجزء من مياهها ما كانت قد اقترضته مؤخرًا لتوزيعه على جزء آخر.

شمال الأطلسي، على سبيل المثال، يتلقى كميات من المياه السطحية (حوالي ٦ ملايين متر مكعب في الثانية) من جنوب المحيط الأطلسي عبر التيار الاستوائي. يتم دفع العائد على مستويات عميقة، جزئيًّا في مياه القطب الشمالي شديدة البرودة، وجزئيًّا في بعض أكثر المياه ملوحة ودفئًا في العالم، مياه البحر الأبيض المتوسط. هناك مكانان للتدفق السفلي لمياه القطب الشمالي. واحد في بحر لابرادور. آخر هو جنوب شرق جرينلاند. في كلٍّ من المياه الغاطسة كمية هائلة – حوالي ٢ مليون أسد متر مكعب في الثانية. تتدفق مياه البحر الأبيض المتوسط العميقة فوق الحافة التي تفصل حوض البحر الأبيض المتوسط عن المحيط الأطلسي المفتوح. هذه العتبة تقع على بعد حوالي ١٥٠ قامة تحت سطح البحر. الماء الذي ينسكب على حافته الصخرية يفعل ذلك بسبب الظروف غير العادية السائدة في البحر الأبيض المتوسط. تخلق الشمس الحارقة التي تضرب مياهها المغلقة تقريبًا معدل تبخر مرتفعًا بأسلوب غير عادي، مما يؤدي إلى سحب كمية من الماء في الغلاف الجوي أكثر مما يضاف من خلال تدفق الأنهار. يصبح الماء أكثر ملوحة وكثافة. مع استمرار التبخر، يقع سطح البحر الأبيض المتوسط تحت سطح المحيط الأطلسي. لتصحيح عدم المساواة، تصب المياه الأخف من المحيط الأطلسي عبر جبل طارق في تيارات سطحية ذات قوة كبيرة.

الآن نعطي الموضوع القليل من التفكير، ولكن في أيام الإبحار، كان العبور إلى المحيط الأطلسي مشكلة صعبة بسبب هذا التيار السطحي.

أظهرت القياسات اللاحقة أن هذه التيارات السطحية تتدفق إلى البحر الأبيض المتوسط بسرعة متوسطة تبلغ حوالي ثلاث عقد. تيار القاع، الذي ينتقل إلى المحيط الأطلسي، أقوى. تدفقه إلى الخارج قوي للغاية لدرجة أنه من المعروف أنه يحطم الأدوات الأوقيانوغرافية المرسلة لقياسه، ويبدو أنه يضربها بالحجارة في القاع؛ وبمجرد أن أصبح سلك كابل فالماوث بالقرب من جبل طارق أرضيًا مثل حافة ماكينة حلاقة، لذلك كان لا بد من التخلي عنه ووضع سلك جديد جيدًا على الشاطئ.

تنتشر المياه التي تغرق في المناطق القطبية الشمالية من المحيط الأطلسي، وكذلك المياه المتدفقة فوق عتبة جبل طارق، على نطاق واسع في الأجزاء العميقة من أحواض المحيط. يعبر شمال المحيط الأطلسي، ويعبر خط الاستواء ويستمر إلى الجنوب، ويمر هناك بين طبقتين من المياه تتحرك شمالًا من بحر أنتاركتيكا. يختلط جزء من مياه القطب الجنوبي هذه مع مياه المحيط الأطلسي - تلك الموجودة في جرينلاند ولابرادور والبحر الأبيض المتوسط - وتعود معها جنوبًا. لكن مياه أنتاركتيكا الأخرى تتحرك شمالًا عبر خط الاستواء وتم تتبعها حتى خط عرض كيب هاتيراس.

إن تدفق هذه المياه العميقة لا يكاد يكون "تدفقًا" على الإطلاق؛ وتيرتها بطيئة للغاية، والزحف المقاس للمياه الجليدية الثقيلة. لكن الأحجام المعنية هائلة، والمناطق مغطاة في جميع أنحاء العالم. قد يكون الأمر كذلك أن مياه المحيطات العميقة، في مثل هذه التجوال العالمي، تعمل على توزيع بعض الحيوانات البحرية - ليس الأشكال السطحية ولكن القاطنين في الطبقات العميقة والمظلمة. من خلال معرفتنا بمصدر التيارات، يبدو الأمر مهمًا؛ أن بعض

الأنواع نفسها من اللافقاريات والأسماك في المياه العميقة قد تم جمعها قبالة سواحل جنوب إفريقيا وقبالة جرينلاند. وحول برمودا، حيث تم العثور على مجموعة متنوعة من أشكال المياه العميقة أكثر من أي مكان آخر، هناك اختلاط في المياه العميقة من القطب الجنوبي والقطب الشمالي ومنطقة البحر المتوسط. ربما في هذه التيارات غير المشمسة، ينجرف السكان الغريبون في المياه العميقة، جيلًا بعد جيل، على قيد الحياة ويتضاعفون بسبب الطابع شبه الثابت لهذه التيارات التي تتحرك ببطء.

إذن، لا توجد مياه بالكامل من المحيط الهادئ، أو بالكامل من المحيط الأطلسي، أو من الهند أو القطب الجنوبي. قد تكون الأمواج التي نجدها مبهجة في فيرجينيا بيتش أو في لا جولا اليوم قد امتدت إلى قاعدة الجبال الجليدية في القطب الجنوبي أو كانت متلألئة في شمس البحر الأبيض المتوسط ، قبل سنوات، قبل أن تنتقل عبر الممرات المائية المظلمة وغير المرئية إلى المكان الذي نجده الآن. من خلال التيارات العميقة والمخبأة تتشكل المحيطات.





ظاهرة المد والجزر المتحركة

«في كل بلد، اتفق الجميع على أن القمر يظل دائمًا في تحالف مع البحر»

المبجل: بيدي

لا توجد قطرة ماء في المحيط، ولا حتى في أعمق أجزاء الهاوية، لا تعرف وتستجيب للقوى الغامضة التي تخلق المد. لا توجد قوة أخرى تؤثر على البحر بهذه القوة. بالمقارنة مع المد، فإن الموجات التي تولدها الرياح هي حركات سطحية محسوسة، على الأكثر، لا تزيد عن مائة قامة تحت السطح. لذلك، على الرغم من اكتساحها المثير للإعجاب، توجد التيارات الكوكبية، والتي نادرًا ما تتضمن أكثر من عدة مئات من القامات العلوية. إن كتل المياه المتأثرة بحركة المد والجزر هائلة، كما سيتضح من أحد الأمثلة. في خليج صغير واحد على الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية – Passamaquoddy – تحمل تيارات المد والجزر ٢ مليار طن من المياه مرتين يوميًّا؛ في خليج فوندي بالكامل، ١٠٠ مليار طن.

هنا وهناك نجد توضيحًا مثيرًا لحقيقة أن المد والجزر يؤثر على المحيط بأكمله، من سطحه إلى قاعه. أدى التقاء التيارات المدية المتعارضة في مضيق ميسينا إلى خلق دوامات (أحدها تشاريبديس من الشهرة الكلاسيكية) والتي تحرك مياه المضيق بعمق لدرجة أن الأسماك تحمل جميع علامات الوجود السحيق، أو ضمرت عيونهم أو كانت كبيرة بأسلوب غير طبيعي، جثث

مرصعة بأعضاء فسفورية، غالبًا ما تُلقى على شاطئ المنارة، وتنتج المنطقة بأكملها مجموعة غنية من حيوانات أعماق البحار لمعهد البيولوجيا البحرية في ميسينا.

المد والجزر هو استجابة لمياه المحيط المتحركة لسحب القمر والشمس البعيدة. من الناحية النظرية، هناك جاذبية بين كل قطرة من مياه البحر وحتى النجم الأبعد في الكون. ومع ذلك، من الناحية العملية، فإن جاذبية النجوم البعيدة طفيفة للغاية بحيث يتم طمسها في الحركات الأوسع التي ينتج عنها المحيط للقمر والشمس. يعرف أي شخص عاش بالقرب من مياه المد أن القمر يتحكم في المد والجزر أكثر بكثير من الشمس. لقد لاحظ أنه، تمامًا كما يرتفع القمر في وقت متأخر كل يوم بمقدار خمسين دقيقة، في المتوسط ، عن اليوم السابق، لذلك، في معظم الأماكن، يكون وقت ارتفاع المد في وقت لاحق كل يوم. وبما أن القمر يختفي في دورته الشهرية، فإن ارتفاع المد يختلف. مرتين في كل شهر، عندما يكون القمر مجرد خيط من الفضة في السماء، ومرة أخرى عندما يكون ممتلئًا، لدينا أقوى حركات المد والجزر – أعلى مد وجزر فيضان وأقل مد وجزر في الشهر القمري. وتسمى هذه المد والجزر الربيعي. في هذه الأوقات، تكون الشمس والقمر والأرض في خط مباشر ويتم إضافة سحب الجسمين السماويين معًا لجلب المياه عاليًا على الشواطئ، وإرسال الأمواج التي تقفز إلى أعلى مقابل منحدرات البحر، وجذب المد والجزر إلى الموانئ بحيث تطفو القوارب عاليًا بجانب الأرصفة. ومرتين كل شهر، في أرباع القمر، عندما تكون الشمس والقمر والأرض على رؤوس المثلث، ويتم فرض سحب الشمس والقمر، لدينا حركات المد والجزر المعتدلة التي تسمى المد والجزر. ثم يكون الفرق بين المياه المرتفعة والمنخفضة أقل من أي وقت آخر خلال الشهر.

من المفاجئ للوهلة الأولى أن يكون للشمس، التي تبلغ كتلتها ٢٧ مليون ضعف كتلة القمر، تأثير أقل على المد والجزر من تأثير قمر صناعي صغير على الأرض. ولكن في ميكانيكا

الكون، يعتبر القرب أكثر من الكتلة البعيدة، وعندما تُجرَى جميع الحسابات الرياضية، نجد أن قوة القمر على المد والجزر تزيد عن ضعف قوة الشمس.

المد والجزر أكثر تعقيدًا مما يوحي به كل هذا. يتغير تأثير الشمس والقمر باستمرار، حيث يختلف باختلاف مراحل القمر، وبمسافة القمر والشمس عن الأرض، وموقع كل منهما في اتجاه شمال أو جنوب خط الاستواء. تزداد تعقيدًا بسبب حقيقة أن كل جسم مائي، سواء كان طبيعيًّا أو صناعيًّا، له فترة تذبذب خاصة به. أزعج مياهها وسوف تتحرك بأرجوحة أو حركة متأرجحة، مع الحركة الأكثر وضوحًا في نهايات الحاوية، وأقل حركة في المركز. يعتقد علماء المد والجزر الآن أن المحيط يحتوي على عدد من "الأحواض" لكل منها فترة تذبذب خاصة بها تحددها بطولها وعمقها. الاضطراب الذي يحرك الماء هو قوة جذب القمر والشمس. لكن نوع الحركة، أي فترة تأرجح الماء، يعتمد على الأبعاد المادية للحوض. ما يعنيه هذا من حيث المد والجزر الفعلي سنرى في الوقت الحاضر.

يمثل المد والجزر مفارقة مدهشة، وجوهرها هو: القوة التي تحركها هي القوة الكونية، وتقع بالكامل خارج الأرض ويفترض أنها تعمل بأسلوب غير متحيز في جميع أجزاء الكرة الأرضية، ولكن طبيعة المد في أي شيء معين. المكان هو مسألة محلية، مع وجود اختلافات مذهلة تحدث ضمن مسافة جغرافية قصيرة جدًّا. عندما نقضي عطلة صيفية طويلة على شاطئ البحر، قد ندرك أن المد في خليجنا يتصرف بأسلوب مختلف تمامًا عن ذلك في مكان صديق على بعد عشرين ميلًا من الساحل، ويختلف بأسلوب لافت للنظر عما قد نعرفه في بعض المناطق الأخرى. إذا كنا نقضي الصيف في جزيرة نانتوكيت، فإن القوارب والسباحة لدينا سوف تتأثر قليلاً بالمد والجزر، لأن النطاق بين المياه العالية والمنخفضة لا يتجاوز قدمًا أو قدمين. ولكن إذا اخترنا قضاء إجازة بالقرب من الجزء العلوي من خليج فندي، فيجب علينا أن نتكيف مع

ارتفاع وهبوط من ٤٠ إلى ٥٠ قدمًا، على الرغم من أن كلا المكانين مدرجان في نفس المسطح المائي – خليج مين. أو إذا أمضينا عطلتنا في خليج تشيسابيك، فقد نجد أن وقت ارتفاع المياه كل يوم يختلف بما يصل إلى ١٢ ساعة في أماكن مختلفة على شواطئ نفس الخليج.

حقيقة الأمر هي أن التضاريس المحلية مهمة للغاية في تحديد السمات التي تصنعها أذهاننا "المد والجزر". تعمل القوة الجاذبة للأجرام السماوية على تحريك الماء، ولكن تعتمد كيفية ارتفاعه ومدى شدته ومدى شدته على أشياء مثل منحدر القاع أو عمق القناة أو عرض مدخل الخليج.

يمتلك المسح الجيوديسي والساحل بالولايات المتحدة آلة رائعة تشبه الروبوت يمكنها من خلالها التنبؤ بوقت المد والجزر في أي تاريخ ماضي أو مستقبلي، لأي جزء من العالم، في حالة أساسية واحدة. هذا هو أنه في وقت ما يجب إجراء ملاحظات محلية لإظهار كيفية تعديل السمات الطبوغرافية للمكان وتوجيه حركات المد والجزر.

ربما تكون الاختلافات الأكثر وضوحًا في نطاق المد والجزر، والذي يختلف اختلافًا هائلاً في أجزاء مختلفة من العالم، بحيث يمكن اعتبار ما قد يعتبره سكان مكان واحد مياهًا مرتفعة بأسلوب كارثي على أنه لا يوجد مد على الإطلاق من قبل المجتمعات الساحلية فقط مائة ميل بعيد. تحدث أعلى المد والجزر في العالم في خليج فندي، مع ارتفاع حوالي ٥٠ قدمًا في حوض ميناس بالقرب من رأس الخليج عند المد الربيعي. ما لا يقل عن ستة أماكن أخرى منتشرة في جميع أنحاء العالم لها نطاق مد أكثر من ٣٠ قدمًا – Puerto Gallegos في الأرجنتين وCook Inlet في ألاسكا، وخليج Frobisher في مضيق Davis، ونهر Koksoak الذي يفرغ في مضيق Hudson، وخليج يتبادر إلى الذهن سانت مالو في فرنسا. في العديد من الأماكن الأخرى، قد يعني "المد العالي" ارتفاع قدم أو نحو ذلك، ربما بضع بوصات فقط. يرتفع المد

والجزر في تاهيتي وينخفض بحركة لطيفة، مع اختلاف لا يزيد عن قدم بين ارتفاع المياه وانخفاضها. في معظم الجزر المحيطية، يكون نطاق المد طفيفًا. لكن ليس من الآمن أبدًا التعميم حول أنواع الأماكن ذات المد المرتفع أو المنخفض، لأن منطقتين غير متباعدتين قد تستجيبان بطرق مختلفة جدًّا لقوى المد والجزر. في الطرف الأطلسي لقناة بنما، لا يزيد نطاق المد والجزر عن قدم أو قدمين، ولكن في نهاية المحيط الهادئ، على بعد ٤٠ ميلًا فقط، يتراوح المدى من ١٢ إلى ١٦ قدمًا. بحر أوخوتسك هو مثال آخر على الطريقة التي يختلف بها ارتفاع المد. في معظم أنحاء البحر، يكون المد والجزر معتدلًا – حوالي قدمين فقط – ولكن في بعض أجزاء البحر هناك ارتفاع ١٠ أقدام، وعلى رأس أحد أذرعه – خليج بنكينز – الارتفاع هو ٣٧ أقدام.

ما الذي يدور حول مكان واحد يجلب ٤٠ أو ٥٠ قدمًا من الماء يرتفع حول شواطئه، بينما في مكان آخر يقع تحت نفس القمر والشمس، سيرتفع المد بضع بوصات فقط؟ ما الذي يمكن، على سبيل المثال، أن يكون تفسير المد والجزر العظيم على خليج فندي، بينما على بعد بضع مئات من الأميال فقط في جزيرة نانو تاكيت، على شواطئ نفس المحيط، فإن نطاق المد والجزر يزيد قليلاً عن قدم؟

يبدو أن النظرية الحديثة لتذبذب المد والجزر تقدم أفضل تفسير لمثل هذه الاختلافات المحلية – اهتزاز الماء لأعلى ولأسفل في كل حوض طبيعي حول عقدة مركزية خالية من المد والجزر تقريبًا. تقع نانتوكيت بالقرب من عقدة حوضها، حيث توجد حركة قليلة، ومن ثم نطاق المد والجزر صغير. بالمرور باتجاه الشمال الشرقي على طول شواطئ هذا الحوض، نجد أن المد والجزر يزداد ارتفاعًا تدريجيًّا، بمدى يبلغ ٦ أقدام في Nauset Harbour في Cape Cod، و٩ , ٨ أقدام في Gloucester، و٧ , ١٥ قدمًا في West Quoddy Head، و٩ , ٢٠ قدمًا في سانت جون، و٤ , ٣٩ قدم عند فولي بوينت. يتمتع شاطئ نوفا سكوشا لخليج فندي بمد وجزر

أعلى إلى حد ما من النقاط المقابلة على شاطئ نيو برونزويك، وأعلى المد والجزر على الإطلاق في حوض ميناس على رأس الخليج. تنتج التحركات الهائلة للمياه في خليج فندي عن مجموعة من الظروف. يقع الخليج في نهاية حوض متأرجح. علاوة على ذلك، فإن الفترة الطبيعية لتذبذب الحوض هي حوالي ١٢ ساعة. يتزامن هذا تقريبًا مع فترة مد المحيط. هناك لحركة المياه داخل الخليج مستدامة وزادت بأسلوب كبير بسبب مد المحيط. إن تضييق وتضخم الخليج في روافده العليا، مما يجبر الكتل الضخمة من المياه على الازدحام في منطقة تتضاءل باستمرار، ويساهم أيضًا في الارتفاعات الكبيرة لموجات فوندي.

تختلف إيقاعات المد والجزر، وكذلك نطاق المد والجزر، من محيط إلى آخر. ينجح المد والجزر في جميع أنحاء العالم، حيث يتبع الليل النهار، ولكن فيما يتعلق بما إذا كان سيكون هناك مد وجزر مرتفعان واثنان منخفضان في كل يوم قمري، أو واحد فقط، فلا توجد قاعدة ثابتة. بالنسبة لأولئك الذين يعرفون المحيط الأطلسي - سواء شواطئه الشرقية أو الغربية - فإن إيقاع مد وجزر مرتفعين ومديين منخفضين في كل يوم يبدو "طبيعيًّا/ هنا، في كل مد فيضان، يتقدم الماء بقدر الارتفاع السابق؛ ونجاح المد والجزر ينخفضان بنفس القدر. لكن في ذلك البحر الداخلي الكبير للمحيط الأطلسي، خليج المكسيك، يسود إيقاع مختلف حول معظم حدوده. في أحسن الأحوال، فإن ارتفاع المد والجزر هنا ليس سوى حركة طفيفة، لا تزيد عن قدم أو قدمين. في أماكن معينة على شواطئ الخليج، يكون هناك تموج طويل ومتعمد - ارتفاع واحد وهبوط آخر في اليوم القمري لمدة ٢٤ ساعة بالإضافة إلى ٥٠ دقيقة - يشبه التنفس المضطرب لذلك الوحش الأرضي الذي عزا إليه القدماء كل المد والجزر. تم العثور على هذا الإيقاع النهاري في أماكن متفرقة حول الأرض مثل سانت مايكل، ألاسكا، وفي دو سون في الهند الصينية الفرنسية وكذلك في خليج المكسيك. تظهر إلى حد بعيد الجزء الأكبر من سواحل العالم

– معظم حوض المحيط الهادئ وشواطئ المحيط الهندي – مزيجًا من أنواع المد والجزر النهارية وشبه الدورية. يوجد مد وجزر مرتفعان ومنخفضان في اليوم، لكن الفيضانات التالية قد تكون غير متكافئة لدرجة أن الثانية نادرًا ما ترتفع لتعني مستوى سطح البحر، أو قد تكون المد والجزر هي التي تتسم بعدم المساواة الشديدة.

يبدو أنه لا يوجد تفسير بسيط لسبب استجابة بعض أجزاء المحيط لسحب الشمس والقمر بإيقاع واحد وأجزاء أخرى بإيقاع آخر، على الرغم من أن الأمر واضح تمامًا لعلماء المد والجزر على أساس الحسابات الرياضية. لاكتساب بعض المعلومات عن الأسباب، يجب أن نتذكر المكونات العديدة المنفصلة للقوة المنتجة للمد والجزر، والتي تنتج بدورها عن المواقف النسبية المتغيرة للشمس والقمر والأرض. اعتمادًا على السمات الجغرافية المحلية، فإن كل جزء من الأرض والبحر، على الرغم من تأثره إلى حد ما بكل مكون، يكون أكثر استجابة للبعض من البعض الآخر. من المفترض أن شكل وأعماق حوض الأطلسي تجعله يستجيب بقوة أكبر للقوى التي تنتج إيقاعًا شبه دوري. من ناحية أخرى، يتأثر المحيط الهادئ والهندي بكل من القوى النهارية وشبه الدورية، ونتائج المد المختلطة.

تعد جزيرة تاهيتي مثالًا كلاسيكيًا على الطريقة التي قد تتفاعل بها حتى منطقة صغيرة مع إحدى القوى المنتجة للمد والجزر إلى الاستبعاد الفعلي للآخرين. في تاهيتي، يقال أحيانًا، يمكنك معرفة الوقت من اليوم من خلال النظر إلى الشاطئ وملاحظة مرحلة المد. هذا ليس صحيحًا تمامًا، لكن الأسطورة لها أساس معين. مع اختلافات طفيفة، يحدث المد المرتفع عند الظهر وعند منتصف الليل. انخفاض مستوى المياه، الساعة السادسة صباحًا ومساءً. وهكذا تتجاهل المد والجزر تأثير القمر، وهو تقديم وقت المد والجزر بمقدار ٥٠ دقيقة كل يوم. لماذا يجب أن تتبع موجات تاهيتي الشمس بدلًا عن القمر؟ التفسير الأكثر تفضيلاً هو أن الجزيرة

تقع عند محور أو عقدة أحد الأحواض التي يتأرجح بها القمر. هناك حركة قليلة جدًّا استجابة للقمر في هذه المرحلة، وبالتالي فإن المياه حرة في التحرك في الإيقاع الذي تسببه الشمس.

إذا كان يجب أن يكتب تاريخ المد والجزر في الأرض يومًا ما بواسطة مراقب للكون، فلا شك أنه سيقال إنهم وصلوا إلى أعظم عظمتهم وقوتهم في الأيام الشابة من الأرض، وأنهم أصبحوا أضعف ببطء وأقل فرضًا حتى يوم واحد. اليوم توقفوا. لأن المد والجزر لم يكن دائمًا على ما هو عليه اليوم، وكما هو الحال مع كل ما هو أرضي، فإن أيامهم معدودة.

في الأيام التي كانت فيها الأرض شابة، لا بُدَّ أن مجيء المد كان حدثًا هائلًا. إذا كان القمر، كما افترضنا في فصل سابق، قد تشكل من تمزق جزء من القشرة الخارجية للأرض، فلا بد أنه بقي لفترة من الزمن قريبًا جدًّا من أبيه. إن موقعها الحالي هو نتيجة دفعها أبعد وأبعد عن الأرض لحوالي ملياري سنة. عندما كانت نصف المسافة الحالية من الأرض، كانت قوتها على المد والجزر في المحيط أكبر بثماني مرات مما كانت عليه الآن، وربما كان نطاق المد والجزر في ذلك الوقت عدة مئات من الأقدام على شواطئ معينة. ولكن عندما كان عمر الأرض بضعة ملايين من السنين فقط، بافتراض أن أحواض المحيطات العميقة قد تشكلت بعد ذلك، لا بد أن اكتساح المد والجزر قد تجاوز كل الفهم. مرتين كل يوم، سيغرق غضب المياه القادمة جميع أطراف القارات. يجب أن يكون نطاق الأمواج قد تم تمديده بأسلوب كبير من خلال وصول المد والجزر بحيث تضرب الأمواج قمم المنحدرات العالية وتكتسح الداخل لتتآكل القارات. إن الغضب الناتج عن مثل هذه المد والجزر لن يساهم قليلًا في الكآبة العامة والكآبة وعدم صلاحية الأرض الفتية للسكنى.

في ظل هذه الظروف، لا يمكن لأي كائن حي أن يوجد على الشواطئ أو يتجاوزها، وإذا لم تتغير الظروف، فمن المعقول أن نفترض أن الحياة لم تكن لتتطور إلى أبعد من الأسماك.

لكن على مدى ملايين السنين، انحسر القمر، مدفوعًا باحتكاك المد والجزر الذي يحدثه. إن حركة الماء ذاتها فوق قاع المحيط، وفوق الحواف الضحلة للقارات، وفوق البحار الداخلية تحمل في داخلها القوة التي تدمر المد والجزر ببطء، لأن الاحتكاك المد والجزر يبطئ تدريجيًا دوران الأرض. في تلك الأيام الأولى، كما تحدثنا، استغرقت الأرض وقتًا أقصر بكثير – ربما حوالي ٤ ساعات فقط – لإجراء دوران كامل حول محورها. منذ ذلك الحين، تباطأ دوران الكرة الأرضية بطريقة كبيرة لدرجة أن الدوران يتطلب الآن، كما يعلم الجميع، حوالي ٢٤ ساعة. سيستمر هذا التأخير، وفقًا لعلماء الرياضيات، حتى يصبح اليوم حوالي ٥٠ ضعفًا كما هو الآن.

وطوال الوقت، سيحدث احتكاك المد والجزر تأثيرًا ثانيًا، يدفع القمر بعيدًا، تمامًا كما دفعه بالفعل أكثر من ٢٠٠٠٠٠ ميل. (وفقًا لقوانين الميكانيكا، نظرًا لأن دوران الأرض متخلف، يجب تسريع دوران القمر، وستحمله قوة الطرد المركزي بعيدًا.) مع انحسار القمر، سيكون بالطبع أقل قوة على المد والجزر وسوف تزداد ضعفا. سيستغرق القمر أيضًا وقتًا أطول لإكمال مداره حول الأرض. عندما يتزامن طول اليوم والشهر أخيرًا، لن يدور القمر نسبيًّا على الأرض، ولن يكون هناك مدّ قمري.

كل هذا، بالطبع، سيتطلب وقتًا على نطاق يجد العقل صعوبة في تصوره، وقبل حدوثه، من المحتمل جدًّا أن يكون الجنس البشري قد اختفى من الأرض. قد يبدو هذا، إذن، مثل خيال واليزي لعالم بعيد جدًّا لدرجة أننا قد نرفضه من أفكارنا. لكن بالفعل، حتى في الجزء المخصص لنا من الزمن الأرضي، يمكننا أن نرى بعض تأثيرات هذه العمليات الكونية. يُعتقد أن يومنا أطول بعدة ثوانٍ من العصر البابلي. لفتت عالمة الفلك البريطانية رويال مؤخرًا انتباه الجمعية الفلسفية الأمريكية إلى حقيقة أن العالم سيتعين عليه قريبًا الاختيار بين نوعين من الوقت. لقد أدى إطالة اليوم الناجم عن المد والجزر إلى تعقيد مشاكل النظم البشرية في الحفاظ على الوقت.

الساعات التقليدية، الموجهة لدوران الأرض، لا تظهر تأثير أيام الإطالة. الساعات الذرية الجديدة التي يتم بناؤها الآن ستُظهر الوقت الفعلي وستختلف عن الساعات الأخرى.

على الرغم من أن المد والجزر قد أصبح مروضًا، ويقاس مداها الآن بعشرات بدلًا عن مئات الأقدام، إلا أن البحارة لم يكونوا قط أقل اهتمامًا ليس فقط بمراحل المد والجزر ومجموعة التيارات المدية ولكن أيضًا بالعديد من الحركات العنيفة واضطرابات البحر المرتبطة بأسلوب غير مباشر بالمد والجزر. لا شيء قد ابتكره العقل البشري يمكن أن يروض تمزق المد أو يتحكم في إيقاع مد وجذر المياه، ولا تستطيع أحدث الأدوات أن تحمل إناءً فوق المياه الضحلة حتى يجلب المد فوقها عمقًا كافيًا من الماء. حتى الملكة ماري تنتظر وصول الماء المتراخي إلى رصيفها في نيويورك؛ وإلا، فإن مجموعة تيار المد والجزر قد تأرجحها ضد الرصيف بقوة كافية لسحقه. على خليج فندي، نظرًا لاتساع نطاق المد والجزر، تتبع أنشطة المرفأ في بعض الموانئ نمطًا إيقاعيًّا مثل المد والجزر نفسها، حيث يمكن للسفن القدوم إلى الأرصفة لاستلام أو تفريغ البضائع لبضع ساعات فقط في كل مد، وترك على الفور لتجنب تقطعت بهم السبل في الوحل عند انخفاض المياه.

غالبًا ما تتحرك تيارات المد والجزر بعنف لا يمكن السيطرة عليه في حصر الممرات الضيقة أو عندما تعارضها رياح وتضخم معاكسة، مما يخلق بعضًا من أخطر الممرات المائية في العالم. من الضروري فقط قراءة طيارين الساحل واتجاهات الإبحار لأجزاء مختلفة من العالم لفهم خطر تيارات المد والجزر على الملاحة.

تقول طبعة ألاسكا التجريبية في فترة ما بعد الحرب من Alaska Pilot: "السفن حول الأليوتيين أكثر عرضة لخطر تيارات المد والجزر أكثر من أي سبب آخر، باستثناء نقص الاستطلاعات". من خلال ممرات Unalga وAkutan، والتي تعد من بين الطرق الأكثر

استخدامًا للسفن التي تدخل بحر Bering من المحيط الهادئ، تتدفق تيارات المد والجزر القوية، مما يجعل قوتها محسوسة بأسلوب جيد بعيدًا عن الشاطئ وتضع السفن بأسلوب غير متوقع في مواجهة الصخور. من خلال مضيق أكون، يكون للمد الفيضان سرعة سيل جبلي، مع دوامات وانهيارات خطيرة. في كل من هذه الممرات، سيرتفع المد بحارًا ثقيلة ومتقطعة إذا عارضته الرياح أو الانتفاخات. يجب أن تكون السفن مستعدة لأخذ البحار على متنها / تحذير الطيار، فقد ترتفع فجأة موجة من المد والجزر يبلغ ارتفاعها ١٥ قدمًا وتكتسح سفينة، وقد تم نقل أكثر من رجل حتى وفاته بهذه الطريقة.

على الجانب الآخر من العالم، يتجه المد باتجاه الشرق من المطابع الأطلسية المفتوحة بين جزر شتلاند وأوركنيس في بحر الشمال، وعلى المنحدر يعود من خلال الممرات الضيقة نفسها. في مراحل معينة من المد والجزر، تتخلل هذه المياه دوامات خطيرة، أو مناطق صاعدة غريبة، أو بحفر أو منخفضات شريرة. حتى في حالة الطقس الهادئ، يتم تحذير القوارب لتجنب دوامات بنتلاند فيرث، والتي تُعرف باسم Swilkie؛ ومع المد والجزر والرياح الشمالية الغربية، فإن بحار Swilkie شديدة الانهيار تشكل تهديدًا للسفن، والتي لم يختبرها سوى قلة من قبل، ستكون طفحًا بما يكفي لمواجهتها مرة أخرى.

قام إدغار آلان بو، في كتابه "النزول إلى الدوامة / ، بتحويل أحد أكثر مظاهر المد والجزر شرًا إلى أدب. قلة ممن قرأوا القصة سوف ينسون دراماها - كيف قاد الرجل العجوز رفيقه إلى منحدر جبلي مرتفع فوق البحر وتركه يشاهد المياه في الأسفل بعيدًا في الممر الضيق بين الجزر، برغوته الشريرة وحثالة، غليان وغليان بأسلوب غير مستقر، حتى تشكلت الدوامة فجأة أمام عينيه واندفعت بصوت مروع عبر الممر المائي الضيق. ثم روى الرجل العجوز قصة نزوله إلى الدوامة وهروبه بأعجوبة. تساءل معظمنا عن مقدار ما كانت القصة من حقائق، ومدى خلق

خيال بو الخصب. يوجد في الواقع Maelstrom وهو موجود حيث وضعه Poe، بين جزيرتين من مجموعة Lofoten قبالة الساحل الغربي للنرويج. إنها، كما وصفها، دوامة عملاقة أو سلسلة من الدوامات، وقد تم سحب الرجال بقواربهم إلى أسفل في قنوات المياه هذه. على الرغم من أن سرد بو يبالغ في تفاصيل معينة، إلا أن الحقائق الأساسية التي استند إليها في سرده تم التحقق منها في "اتجاهات الإبحار" في الساحل الشمالي الغربي والشمالي للنرويج، وهي وثيقة عملية وظرفية:

على الرغم من أن الشائعات قد بالغت بأسلوب كبير في أهمية Malstrom، أو بأسلوب أكثر دقة Moskenstraumen، الذي يمتد بين Mosken وLofotodden، إلا أنه لا يزال أخطر مد الطريق في لوفوتين، حيث يرجع عنفه، إلى حد كبير، إلى عدم انتظام الأرض ... كلما زادت قوة المد والجزر، يصبح البحر أثقل والتيار غير منتظم أكثر، مكونًا دوامات واسعة أو دوامات (مالستروم). خلال هذه الفترات، يجب ألا تدخل أي سفينة إلى Moskenstraumen.

هذه الدوامات هي تجاويف على شكل جرس مقلوب ، واسعة ومستديرة عند الفم وأضيق باتجاه البوتوم ؛ تكون أكبر عندما تكونت لأول مرة ويتم حملها مع التيار ، وتتناقص تدريجيًا حتى تختفي ؛ قبل انقراض واحد ، سيظهر اثنان أو ثلاثة ، متتبعين بعضهم البعض مثل العديد من الحفر في البحر. . . يؤكد الصيادون أنهم إذا كانوا على دراية باقترابهم من الدوامة ولديهم الوقت لإلقاء مجذاف أو أي جسم ضخم آخر فيه ، فسوف يتخطونه بأمان ؛ والسبب هو أنه عندما تنقطع الاستمرارية وتقطع الحركة الدوامية للبحر بشيء يُلقى فيه ، يجب أن يندفع الماء فجأة من جميع الجهات ويملأ التجويف. للسبب نفسه، في حالة النسائم القوية، عندما تنكسر الأمواج، على الرغم من أنه قد يكون هناك دوران دائري، فلا يمكن أن يكون هناك

تجويف. في سالتستروم، تم سحب القوارب والرجال من خلال هذه الدوامات، مما أدى إلى خسائر كبيرة في الأرواح.

بعد فترة وجيزة من اكتمال القمر للأشهر من مارس إلى أوجوست ، يظهر الجرونيون في الأمواج على شواطئ كاليفورنيا. يصل المد إلى مرحلة الفيضان، ويتراخى، ويتردد، ويبدأ في الانحسار. الآن على هذه الموجات من المد والجزر، تبدأ الأسماك في الدخول. تتلألأ أجسادهم في ضوء القمر أثناء حملهم على الشاطئ على قمة موجة، وهم يرقدون متلألئين على الرمال الرطبة للحظة ملحوظة من الوقت، ثم يقذفون بأنفسهم في مغسلة الموجة التالية ويعودون إلى البحر. لمدة ساعة تقريبًا بعد تحول المد، يستمر هذا، الآلاف والآلاف من الجرونيون يصعدون إلى الشاطئ، تاركين المياه، والعودة إليه. هذا هو فعل التفريخ للأنواع.

خلال الفترة القصيرة بين الموجات المتتالية، اجتمع الذكر والأنثى معًا في الرمال الرطبة، أحدهما لإلقاء بيضها، والآخر لتخصيبها. عندما تعود السمكة الأم إلى الماء، تكون قد تركت وراءها كتلة من البيض مدفونًا في الرمال. الأمواج الناجحة في تلك الليلة لا تغسل البيض لأن المد ينحسر بالفعل. لن تصلهم موجات المد العالي التالي، لأنه لفترة بعد اكتمال القمر، سيوقف كل مد تقدمه على الشاطئ أقل قليلًا من السابق. إذن، لن يتم إزعاج البيض لمدة أسبوعين على الأقل. يخضعون لتطورهم في الرمال الدافئة الرطبة المحتضنة. في غضون أسبوعين، اكتمل التغيير السحري من البويضة المخصبة إلى الأسماك اليرقية الصغيرة، ولا يزال الجروني الصغير المتشكل تمامًا محصورًا داخل أغشية البويضة، ولا يزال مدفونًا في الرمال، في انتظار إطلاقه. مع المد والجزر للقمر الجديد، يأتي. تغسل موجاتهم فوق الأماكن التي دفنت فيها الكتل الصغيرة من بيض الجرونيون، وتؤدي دوامة الأمواج واندفاعها إلى تحريك الرمال بعمق. عندما تجرف

الرمال، ويشعر البيض بلمسة مياه البحر الباردة، تتمزق الأغشية، وتفقس صغار الأسماك، وتحملها الأمواج التي تطلقها بعيدًا إلى البحر.

لكن الرابط بين المد والجزر والمخلوق الحي الذي أفضل أن أعود إليه هو علاقة دودة صغيرة جدًّا، مسطحة من الجسم، بدون تمييز في المظهر، ولكن بجودة واحدة لا تُنسى. اسم هذه الدودة هو Convoluta roscoffensis ، وهي تعيش على الشواطئ الرملية في شمال بريتاني وجزر القنال. دخلت Convoluta في شراكة رائعة مع طحلب أخضر، تعيش خلاياه في جسم الدودة وتضفي على أنسجتها لونها الأخضر. تعيش الدودة بالكامل على المنتجات النشوية التي يصنعها ضيفها النباتي، حيث أصبحت تعتمد اعتمادًا كليًا على وسيلة التغذية هذه لدرجة أن أعضائها الهضمية قد تدهورت. من أجل أن تستمر الخلايا الطحلبية في وظيفتها في التمثيل الضوئي (الذي يعتمد على ضوء الشمس)، ترتفع Convoluta من الرمال الرطبة في منطقة المد والجزر بمجرد انحسار المد، وتصبح الرمال مرقطة ببقع خضراء كبيرة تتكون من آلاف من الديدان. لعدة ساعات، بينما يكون المد خارجًا، تكمن الديدان في الشمس، وتصنع النباتات النشويات والسكريات؛ ولكن عندما يعود المد، يجب أن تغرق الديدان مرة أخرى في الرمال لتجنب انجرافها بعيدًا في المياه العميقة. لذا فإن كامل عمر الدودة هو سلسلة من الحركات التي تكون مشروطة بمراحل المد والجزر – صعودًا في ضوء الشمس عند المد والجزر، إلى أسفل عند الفيضان.

أكثر ما أجده لا يُنسى حول Convoluta هو هذا: في بعض الأحيان يحدث أن يقوم عالم الأحياء البحرية، الذي يرغب في دراسة بعض المشاكل ذات الصلة، بنقل مستعمرة كاملة من الديدان إلى المختبر، هناك لتأسيسها في حوض مائي، حيث لا يوجد مد والجزر. لكن مرتين كل يوم يرتفع Convoluta من الرمال في قاع الحوض، في ضوء الشمس. ومرتين كل يوم تغرق

مرة أخرى في الرمال. دون دماغ، أو ما نسميه ذاكرة أو حتى أي تصور واضح للغاية، تستمر Convoluta في عيش حياتها في هذا المكان الغريب، متذكرًا، في كل ألياف من جسمه الأخضر الصغير، إيقاع المد والجزر في البحر البعيد.



الباب الثالث: الإنسان والبحر من حوله

1) منظم الحرارة (الثرموستات) العالمي
2) الثروة من البحار المالحة
3) تطويق البحر



منظم الحرارة (الثرموستات) العالمي

«٩ مِنَ الْجَنُوبِ تَأْتِي الإِعْصَارُ، وَمِنَ الشَّمَالِ الْبَرَدُ»

العهد القديم، سفر أيوب، الإصحاح ٣٧، آية: ٩

عندما تم اقتراح بناء قناة بنما لأول مرة، تعرض المشروع لانتقادات شديدة في أوروبا. اشتكى الفرنسيون، على وجه الخصوص، من أن مثل هذه القناة ستسمح لمياه التيار الاستوائي بالهروب إلى المحيط الهادئ، وأنه لن يكون هناك عندئذ تيار الخليج، وأن المناخ الشتوي في أوروبا سيصبح باردًا بأسلوب لا يطاق. كان الفرنسيون المذعورين مخطئين تمامًا في توقعاتهم للأحداث الأوقيانوغرافية، لكنهم كانوا على حق في إدراكهم لمبدأ عام – العلاقة الوثيقة بين المناخ ونمط دوران المحيطات.

هناك مخططات متكررة للتغيير المتعمد – أو الإغراء بالتغيير – نمط التيارات وبالتالي تعديل المناخ حسب الرغبة. نسمع عن مشاريع لتحويل أوياشيو الباردة من الساحل الآسيوي، ومشروعات أخرى للتحكم في تيار الخليج. حوالي عام ١٩١٢ طُلب من كونغرس الولايات

المتحدة تخصيص الأموال لبناء رصيف مراكب صغيرة من Cape Race باتجاه الشرق عبر Grand Banks لعرقلة المياه الباردة المتدفقة جنوبًا من القطب الشمالي. يعتقد المدافعون عن الخطة أن تيار الخليج سوف يتأرجح بعد ذلك بالقرب من البر الرئيس لشمال الولايات المتحدة ومن المفترض أن يجلب لنا فصول شتاء أكثر دفئًا. لم يتم منح الاعتمادات. حتى لو تم توفير الأموال، فلا يوجد سبب كافٍ لافتراض أن المهندسين آنذاك – أو لاحقًا – كان من الممكن أن ينجحوا في السيطرة على اكتساح التيارات البحرية. ولحسن الحظ، سيكون لمعظم هذه الخطط تأثيرات مختلفة عن تلك المتوقعة بأسلوب عام. إن جعل تيار الخليج أقرب إلى الساحل الشرقي للولايات المتحدة، على سبيل المثال، من شأنه أن يجعل فصول الشتاء لدينا أسوأ بدلًا عن أن تكون أفضل. على طول الساحل الأطلسي لأمريكا الشمالية، تهب الرياح السائدة باتجاه الشرق، عبر الأرض باتجاه البحر. نادراً ما تصل إلينا الكتل الهوائية الموجودة فوق تيار الخليج. لكن التيار، بكتلته من الماء الدافئ، له علاقة بجلب الطقس إلينا. يتم دفع رياح الشتاء الباردة بفعل الجاذبية نحو مناطق الضغط المنخفض فوق الماء الدافئ. ظل شتاء عام ١٩١٦، عندما كانت درجات حرارة تيار أعلى من المعتاد، في الأذهان لفترة طويلة بسبب طقسه البارد والثلجي على طول الساحل الشرقي. إذا تمكنا من نقل التيار إلى الشاطئ، فستكون النتيجة في الشتاء أكثر برودة، ورياحًا أقوى من داخل القارة – وليس طقسًا أكثر اعتدالًا.

ولكن إذا لم يهيمن تيار الخليج على المناخ الشرقي لأمريكا الشمالية، فإنه بخلاف ذلك يكون للأراضي الواقعة "أسفل التيار". من ضفاف نيوفاوندلاند، كما رأينا، تنجرف المياه الدافئة للتيار باتجاه الشرق، مدفوعة بالرياح الغربية السائدة. ومع ذلك، فإنه ينقسم على الفور تقريبًا إلى عدة فروع. يتدفق أحدهم شمالًا إلى الشاطئ الغربي لجرينلاند؛ هناك، يهاجم الماء الدافئ الجليد الذي جلبه تيار شرق جرينلاند حول كيب وداع. ممر آخر إلى الساحل الجنوبي

الغربي لأيسلندا، وقبل أن يفقد نفسه في مياه القطب الشمالي، يجلب تأثيرًا لطيفًا على الشواطئ الجنوبية لتلك الجزيرة. لكن الفرع الرئيس من تيار الخليج أو تيار الأطلسي الشمالي يتدفق باتجاه الشرق. سرعان ما ينقسم مرة أخرى. يتجه أقصى الجنوب من هذه الفروع نحو إسبانيا وإفريقيا ويدخل مرة أخرى في التيار الاستوائي. الفرع الشمالي، الذي يسارع باتجاه الشرق بسبب الرياح التي تهب حول المنخفض/ الأكوام الأيسلندية مقابل ساحل أوروبا، توجد المياه الأكثر دفئًا الموجودة على خطوط عرض مماثلة في أي مكان في العالم. من خليج بسكاي شمالًا يشعر بتأثيره. وبينما يتدفق التيار باتجاه الشمال الشرقي على طول الساحل الاسكندنافي، فإنه يرسل العديد من الفروع الجانبية التي تنحني باتجاه الغرب لجلب أنفاس المياه الدافئة إلى جزر القطب الشمالي وتختلط مع الإيجارات الأخرى في دوامات ودوامات معقدة. الساحل الغربي لسبيتسبيرغن، المدفأ بأحد هذه التيارات الجانبية، مشرق بالزهور في صيف القطب الشمالي. الساحل الشرقي، بتياره القطبي، لا يزال قاحلًا ومنهيًا. عند المرور حول نورث كيب، تبقي التيارات الدافئة موانئ مثل هامرفست ومورمانسك مفتوحة، على الرغم من أن ريغا، التي تقع على بعد ٨٠٠ ميل جنوبًا على شواطئ بحر البلطيق، تختنق بالجليد. في مكان ما في البحر المتجمد الشمالي، بالقرب من جزيرة نوفايا زيمليا، تختفي آخر آثار مياه المحيط الأطلسي، وتفقد نفسها أخيرًا في الاجتياح الساحق للبحر الشمالي الجليدي.

إنه دائمًا تيار ماء دافئ، لكن درجة حرارة تيار الخليج تختلف مع ذلك من سنة إلى أخرى، ويبدو أن تغييرًا طفيفًا يؤثر بأسلوب كبير على درجات حرارة الهواء في أوروبا. يقارن عالم الأرصاد الجوية البريطاني، سي. إي. بي. بروكس، شمال المحيط الأطلسي بـ "حمام رائع، به صنبور ساخن وصنبورين باردين / الحنفية الساخنة هي تيار الخليج؛ الصنابير الباردة هي تيار شرق جرينلاند وتيار لابرادور. يختلف كل من حجم ودرجة حرارة صنبور الماء الساخن.

الصنابير الباردة ثابتة تقريبًا في درجة الحرارة ولكنها تختلف بأسلوب كبير في الحجم. يحدد تعديل الصنابير الثلاثة درجات حرارة السطح في شرق المحيط الأطلسي وله علاقة كبيرة بطقس أوروبا والأحداث في بحار القطب الشمالي. يعني الاحترار الشتوي الخفيف جدًّا لدرجات حرارة شرق المحيط الأطلسي، على سبيل المثال، أن الغطاء الثلجي لشمال غرب أوروبا سوف يذوب في وقت مبكر، وأنه سيكون هناك ذوبان مبكر للأرض، وأن الحرث الربيعي قد يبدأ في وقت مبكر، وأن الحصاد سيكون أفضل. وهذا يعني أيضًا أنه سيكون هناك القليل نسبيًا من الجليد بالقرب من آيسلندا في الربيع وأن كمية الجليد الطافي في بحر بارنتس ستقل بعد عام أو عامين. تم إنشاء هذه العلاقات بوضوح من قبل العلماء الأوروبيين. من المحتمل أن تستند التنبؤات الجوية طويلة المدى لقارة أوروبا في يوم من الأيام جزئيًا إلى درجات حرارة المحيطات. ولكن في الوقت الحالي لا توجد وسيلة لجمع درجات الحرارة على مساحة كبيرة بما يكفي، على فترات كافية متكررة [1].

---

[1] (ح. م): خلال الخمسينيات من القرن الماضي، تم إحراز تقدم هائل في تطوير أدوات لتسجيل درجات حرارة المياه. يمكن الحصول على تسجيل مستمر لدرجات حرارة الماء على عمق عدة مئات من الأقدام عن طريق سحب سلسلة الثرمستور خلف وعاء. من المحتمل أن يكون جهاز قياس الحرارة الإلكتروني قادرًا على الحصول على درجات حرارة من أي عمق، اعتمادًا على طول الكابل المتاح. إنه تحسن كبير مقارنة بالرسم الحراري الأصلي لباثيو لأن المسجل الموجود على سطح السفينة يتتبع رسمًا بيانيًا مستمرًا لدرجات الحرارة التي يتم تسجيلها أثناء تشغيل السفينة. التطور الأكثر ثورية في دراسة درجات حرارة البحر هو مقياس حرارة الإشعاع المحمول جوًّا والذي، أثناء الطيران فوق البحر، يسجل درجة حرارة السطح بدقة جزء من الدرجة. يعتبر علماء المحيطات أن هذه الأداة لا تزال في مرحلة التطوير، مع إمكانية تحسين الدقة. ومع ذلك، في مثل هذا العمل مثل تتبع حافة تيار الخليج، أثبتت موازين الحرارة هذه بالفعل أنها مفيدة للغاية. خلال مسح عام ١٩٦٠ لتيار الخليج الذي أجرته مؤسسة وودزهول لعلوم المحيطات، غطت طائرة تحلق على ارتفاع منخفض حوالي ٣٠٠٠٠ ميل، وحصلت على درجات حرارة سطحية في مناطق مختلفة من التيار.

بالنسبة للعالم بأسره، المحيط هو المنظم العظيم، عامل الاستقرار العظيم لدرجات الحرارة. تم وصفه بأنه "بنك ادخار للطاقة الشمسية، يتلقى الودائع في مواسم التشمس المفرط ويدفعها مرة أخرى في مواسم العوز / بدون المحيط، سوف يزور عالمنا درجات حرارة قاسية لا يمكن تصورها. بالنسبة للمياه التي تغطي ثلاثة أرباع سطح الأرض بغطاء مغلف، فإنها تمثل موقفًا خافيًا من الصفات الرائعة. إنه ممتص ومبرد ممتاز للحرارة. بسبب قدرتها الحرارية الهائلة، يمكن للمحيط أن يمتص قدرًا كبيرًا من الحرارة من الشمس دون أن يأتي بها نعتبره "حارًا"، أو يمكن أن يفقد الكثير من حرارته دون أن يصبح "باردًا".

من خلال وكالة التيارات المحيطية، يمكن توزيع الحرارة والبرودة على مدى آلاف الأميال. من الممكن اتباع مسار كتلة من الماء الدافئ الذي ينشأ في حزام الرياح التجارية في نصف الكرة الجنوبي ويظل معروفًا لمدة عام ونصف، من خلال مسار يزيد عن ٧٠٠٠ ميل. تميل وظيفة إعادة التوزيع هذه للمحيطات إلى تعويض التسخين غير المتساوي للكرة الأرضية بالشمس. كما هو الحال، تحمل التيارات المحيطية المياه الاستوائية الساخنة نحو القطبين وتعود إلى خط الاستواء البارد من خلال الانجرافات السطحية مثل تيار لابرادور وأوياشيو، والأهم من ذلك عن طريق التيارات العميقة. يتم إعادة توزيع الحرارة للأرض بأكملها عن طريق تيارات المحيط والنصف الآخر بواسطة الرياح.

في تلك الواجهة الرفيعة بين محيط الماء ومحيط الهواء الذي يعلوه، والكذب كما يفعلون في اتصال مباشر مع الجزء الأكبر من الأرض، هناك تفاعلات مستمرة ذات أهمية هائلة.

الجو يسخن أو يبرد المحيط. يتلقى الأبخرة من خلال التبخر، مما يترك معظم الأملاح في البحر وبالتالي يزيد من ملوحة المياه. مع الوزن المتغير لتلك الكتلة الكاملة من الهواء التي تغلف الأرض، فإن الغلاف الجوي يجلب ضغطًا متغيرًا لتحمله على سطح البحر، والذي

ينخفض تحت مناطق الضغط المرتفع وينتشر كتعويض تحت أدنى مستويات الغلاف الجوي. مع القوة المتحركة للرياح، يسيطر الهواء على سطح المحيط ويرفعه إلى أمواج، ويدفع التيارات إلى الأمام، ويخفض مستوى سطح البحر على شواطئ جناح الرياح، ويرفعه على شواطئ لي.

ولكن حتى أكثر من ذلك، يسيطر المحيط على الهواء. تأثيره على درجة الحرارة والرطوبة في الغلاف الجوي أكبر بكثير من النقل الصغير للحرارة من الهواء إلى البحر. يتطلب تسخين حجم معين من الماء 3000 ° أ ضعف قدر الحرارة لتسخين حجم متساوٍ من الهواء بنفس المقدار. ستؤدي الحرارة المفقودة بواسطة متر مكعب من الماء عند التبريد بمقدار ١ درجة مئوية إلى رفع درجة حرارة ٣٠٠٠ متر مكعب من الهواء بنفس المقدار. أو لنستخدم مثالًا آخر، طبقة من الماء بعمق متر واحد، عند التبريد .١ درجة يمكن أن تسخن طبقة من الهواء بسمك ٣٣ مترًا بمقدار ١ درجة. ترتبط درجة حرارة الهواء ارتباطًا وثيقًا بالضغط الجوي. عندما يكون الهواء باردًا، يميل الضغط إلى الارتفاع؛ يفضل الهواء الدافئ الضغوط المنخفضة. وبالتالي، فإن انتقال الحرارة بين المحيط والهواء يغير أحزمة الضغط المرتفع والمنخفض؛ هذا يؤثر تأثيرًا عميقًا في اتجاه الرياح وقوتها ويوجه العواصف في مساراتها.

هناك ستة مراكز دائمة إلى حد ما للضغط المرتفع فوق المحيطات، ثلاثة في كل نصف من الكرة الأرضية. لا تلعب هذه المناطق دورًا متحكمًا في مناخ الأراضي المحيطة فحسب، بل إنها تؤثر على العالم بأسره لأنها تمثل مهد معظم رياح العالم السائدة. تنشأ الرياح التجارية من أحزمة الضغط العالي في نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي. فوق كل الامتداد الشاسع للمحيطات التي تهب عبرها، تحتفظ هذه الرياح العاتية بهويتها؛ إنها فقط عبر القارات التي يتم مقاطعتها وتشويشها وتعديلها.

في مناطق المحيط الأخرى، توجد أحزمة ذات ضغط منخفض، والتي تتطور، خاصة في فصل الشتاء، فوق المياه التي تكون بعد ذلك أكثر دفئًا من الأراضي المحيطة. تجتذب هذه المناطق المنخفضات البارومترية المتنقلة أو العواصف الإعصارية؛ تتحرك بسرعة عبرها أو تلتف حول حوافها. لذلك تأخذ العواصف الشتوية مسارًا عبر "المنخفض" الأيسلندي وفوق شتلاند وأوركنيس إلى بحر الشمال وبحر النرويج؛ يتم توجيه العواصف الأخرى من خلال مناطق الضغط المنخفض الأخرى فوق سكاجيراك وبحر البلطيق إلى داخل أوروبا. ربما أكثر من أي حالة أخرى، تهيمن منطقة الضغط المنخفض فوق المياه الدافئة جنوب آيسلندا على المناخ الشتوي لأوروبا.

ومعظم الأمطار التي تهطل في البحر والبر على حد سواء كانت ناتجة عن البحر. يتم حملها كبخار في الرياح، ثم مع تغير درجة الحرارة تسقط الأمطار. تأتي معظم الأمطار الأوروبية من تبخر مياه المحيط الأطلسي. في الولايات المتحدة، يركب البخار والهواء الدافئ من خليج المكسيك والمياه الاستوائية في غرب المحيط الأطلسي الرياح في وادي المسيسيبي الواسع ويوفران الأمطار لمعظم الجزء الشرقي من أمريكا الشمالية.

ما إذا كان أي مكان سيعرف الظروف القاسية للمناخ القاري أو التأثير المعتدل للبحر يعتمد بدرجة أقل على قربه من المحيط أكثر من اعتماده على نمط التيارات والرياح وتضاريس القارات. لا يستفيد الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية من البحر، لأن الرياح السائدة تأتي من الغرب. من ناحية أخرى، يقع ساحل المحيط الهادئ في مسار الرياح الغربية التي هبت عبر آلاف الأميال من المحيط. يجلب التنفس الرطب للمحيط الهادئ اعتدالًا مناخيًا ويخلق غابات مطيرة كثيفة في كولومبيا البريطانية وواشنطن وأوريجون؛ لكن تأثيرها الكامل يقتصر إلى حد كبير على شريط ضيق من سلاسل الساحل التي تتبع مسارًا موازٍ للبحر. وعلى النقيض من

ذلك، فإن أوروبا مفتوحة على مصراعيها على البحر، ويمتد "الطقس الأطلسي" مئات الأميال إلى الداخل.

على فترات غير منتظمة، ينحرف هومبولت بعيدًا عن قارة أمريكا الجنوبية بسبب تيار دافئ من المياه الاستوائية التي تنزل من الشمال. هذه سنوات من الكوارث. يتم تعديل اقتصاد المنطقة بالكامل وفقًا للجفاف الطبيعي للمناخ. في سنوات النينيو، كما يطلق على التيار الدافئ، تهطل الأمطار الغزيرة - تساقطت الأمطار الغزيرة في المناطق الاستوائية على سفوح التلال الجافة من الساحل البيروفي. التربة تنجرف، الأكواخ الطينية تذوب وتنهار حرفيًّا، المحاصيل تدمر. حتى أسوأ الأشياء تحدث في البحر. تمرض حيوانات المياه الباردة في Humboldt وتموت في الماء الدافئ، ويجب على الطيور التي تصطاد البحر البارد لقمة العيش إما أن تهاجر أو تموت جوعًا.

تلك الأجزاء من ساحل إفريقيا التي يغمرها تيار بنغيلا البارد تقع أيضًا بين الجبال والبحر. الرياح الشرقية جافة، وتهبط الرياح، وتزداد قدرة الرطوبة الباردة القادمة من البحر عن طريق ملامستها للأرض الساخنة. تتشكل ضباب فوق المياه الباردة وتتدحرج فوق الساحل، ولكن في عام كامل يكون هطول الأمطار هو الأقل. متوسط هطول الأمطار في سواكوبموند في والفيس باي هو ٠,٧ بوصة في السنة. لكن مرة أخرى، هذا صحيح فقط طالما أن بنغيلا تسيطر على طول الساحل، فهناك أوقات يتداعى فيها التيار البارد كما يفعل هومبولت، وهنا أيضًا هذه سنوات من الكوارث.

يتم تصوير التأثير المتحول للبحر بوضوح جميل في الاختلافات المذهلة بين منطقتي القطب الشمالي والمنطقة القطبية الجنوبية. كما يعلم الجميع، فإن القطب الشمالي عبارة عن بحر غير ساحلي تقريبًا؛ أنتاركتيكا، قارة محاطة بالمحيط. من غير المؤكد ما إذا كان هذا التوازن

العالمي لقطب أرضي مقابل قطب مائي له أهمية عميقة في فيزياء الأرض؛ لكن تأثير الحقيقة على مناخي المنطقتين واضح بوضوح.

إن القارة القطبية الجنوبية المغطاة بالجليد، والتي تغمرها البحار ذات البرودة المنتظمة، تقع في قبضة الإعصار القطبي المضاد. تهب الرياح العاتية من الأرض وتصد أي تأثير احترار قد يسعى إلى اختراقها. متوسط درجة الحرارة لهذا العالم المر لا يتجاوز أبدًا نقطة التجمد. تنمو الأشنات على الصخور المكشوفة، وتغطي قاحل المنحدرات بنموها الرمادي أو البرتقالي، وهنا وهناك فوق الثلج يوجد الغبار الأحمر للطحالب الأكثر صلابة. تختبئ الطحالب في الوديان والشقوق الأقل تعرضًا للرياح، ولكن بالنسبة للنباتات العليا، لم يتمكن سوى عدد قليل من الأعشاب الفقيرة من غزو هذه الأرض. لا توجد ثدييات برية. تتكون حيوانات القارة القطبية الجنوبية فقط من الطيور، والبعوض عديم الأجنحة، وعدد قليل من الذباب، والعث المجهري.

في تناقض حاد، يوجد صيف القطب الشمالي، حيث تكون التندرا مشرقة مع أزهار متعددة الألوان. في كل مكان باستثناء جليد جرينلاند وبعض جزر القطب الشمالي، تكون درجات الحرارة في الصيف مرتفعة بما يكفي لنمو النباتات، مما يعبئ تطور العام في صيف القطب الشمالي القصير والدافئ. لا يتم تعيين الحد القطبي لنمو النبات عن طريق خط العرض، ولكن عن طريق البحر. لأن تأثير المحيط الأطلسي الدافئ يخترق بقوة داخل البحر المتجمد الشمالي، ويدخل، كما رأينا، من خلال كسر واحد كبير في منطقة اليابسة، بحر جرينلاند. لكن تيارات مياه المحيط الأطلسي الدافئة التي تدخل البحار الشمالية الجليدية تجلب اللمسة اللطيفة التي تجعل القطب الشمالي، في المناخ وكذلك في الجغرافيا، عالمًا بعيدًا عن القطب الجنوبي.

لذلك، يومًا بعد يوم وموسمًا بعد موسم، يهيمن المحيط على مناخ العالم. هل يمكن أن يكون أيضًا عاملاً في إحداث التقلبات الطويلة الأمد للتغير المناخي التي نعلم أنها حدثت طوال تاريخ الأرض الطويل – الفترات المتناوبة للحرارة والبرودة والجفاف والفيضان؟ هناك نظرية رائعة تستطيع ذلك. تربط هذه النظرية الأحداث في الأماكن العميقة والمخفية للمحيطات بالتغيرات الدورية للمناخ وتأثيراتها على تاريخ البشرية. تم تطويره من قبل عالم المحيطات السويدي المتميز أوتو بيترسون، الذي انتهى عمره قرنًا من الزمان في عام ١٩٤١. في العديد من الأوراق، قدم بيترسون الجوانب المختلفة لنظريته أثناء تجميعها معًا، شيئًا فشيئًا. أعجب كثير من زملائه العلماء، وشكك آخرون. في تلك الأيام كان القليل من الرجال يتصورون ديناميكيات حركات المياه في أعماق البحار. الآن يتم إعادة فحص النظرية في ضوء علم المحيطات والأرصاد الجوية الحديثة، وقال سي إي بي بروكس مؤخرًا، (يبدو أن هناك دعمًا جيدًا لنظرية بيترسون وكذلك لنظرية النشاط الشمسي، وأن الاختلافات الفعلية في المناخ منذ حوالي ٣٠٠٠ قبل الميلاد. ربما كان إلى حد كبير نتيجة لهذين الوكلاء).

إن مراجعة نظرية بيترسون هي مراجعة أيضًا مسابقة ملكة التاريخ البشري، للرجال والأمم الذين يتحكمون في قوى عنصرية لم يفهموا طبيعتها مطلقًا ولم يدركوا وجودها مطلقًا. ربما كان عمل بيترسون نتيجة طبيعية لظروف حياته. وُلِد – كما توفي بعد ٩٣ عامًا – على شواطئ بحر البلطيق، وهو بحر من الهيدروغرافيا المعقدة والرائعة. في مختبره على قمة منحدر صخري يطل على المياه العميقة لجولمارفيورد، سجلت الآلات ظواهر غريبة في أعماق هذه البوابة المؤدية إلى بحر البلطيق. عندما تندفع مياه المحيط نحو ذلك البحر الداخلي، تنخفض إلى أسفل وتترك المياه السطحية العذبة تتدفق فوقها؛ وفي ذلك المستوى العميق حيث يتلامس الملح مع الماء العذب، توجد طبقة حادة من عدم الاستمرارية، مثل طبقة السطح بين الماء والهواء. في

كل يوم، كشفت أدوات بيترسون عن حركة نابضة قوية لتلك الطبقة العميقة، الضغط الداخلي لموجات الغواصات العظيمة، لجبال متحركة من الماء. كانت الحركة

أقوى في كل اثني عشر ساعة من اليوم ، وتراجعت بين فواصل زمنية مدتها ١٢ ساعة. سرعان ما أنشأ بيترسون صلة بين هذه الموجات البحرية والمد والجزر اليومية. أطلق عليهم "موجات القمر"، وعندما كان يقيس ارتفاعها ويضبط توقيت نبضاتها خلال الأشهر والسنوات، أصبحت علاقتها بالدورات المتغيرة باستمرار للمد والجزر واضحة تمامًا.

كانت بعض هذه الأمواج العميقة لجولمارفيورد عملاقة يبلغ ارتفاعها حوالي ١٠٠ قدم. يعتقد بيترسون أنها تشكلت من تأثير موجة المد المحيطي على تلال الغواصات في شمال المحيط الأطلسي، كما لو أن المياه تتحرك إلى سحب الشمس والقمر، بعيدًا في المستويات الدنيا من البحر، انكسرت وانسكبت فوقها. في الجبال ذات المياه شديدة الملوحة للدخول إلى الوديان وأصوات الساحل.

من موجات المد البحري، انتقل عقل بيترسون منطقيا إلى مشكلة أخرى - الحظوظ المتغيرة لمصايد أسماك الرنجة السويدية. كان موطنه بوهسلان موقعًا لمصايد الرنجة الهانزية العظيمة في العصور الوسطى. طوال القرنين الثالث عشر والرابع عشر والخامس عشر، تمت متابعة هذا الصيد البحري العظيم في سوند والأحزمة، الممرات الضيقة المؤدية إلى بحر البلطيق. عرفت بلدات سكانور وفالستربو ازدهارًا لم يسمع به من قبل، لأنه لا يبدو أن هناك نهاية للأسماك الفضية التي تجلب الثروة. ثم توقفت المصايد فجأة، لأن سمك الرنجة انسحب إلى بحر الشمال ولم يعد يصل إلى مداخل بحر البلطيق - مما أدى إلى إثراء الأراضي وإفقار السويد. لماذا توقفت الرنجة عن المجيء؟ اعتقد بيترسون أنه يعرف، وكان السبب مرتبطًا ارتباطًا وثيقًا

بهذا القلم المتحرك في مختبره، وهو القلم الذي تتبع على أسطوانة دوارة حركات الأمواج تحت البحرية في أعماق غولمارفيرورد.

لقد وجد أن موجات الغواصة تتفاوت في الارتفاع والقوة مع تباين قوة إنتاج المد والجزر للقمر والشمس. من الحسابات الفلكية، تعلم أن المد والجزر يجب أن يكون في أقصى قوته خلال القرون الأخيرة من العصور الوسطى – تلك القرون التي كانت فيها مصايد أسماك الرنجة في البلطيق مزدهرة. ثم جاءت الشمس والقمر والأرض في مثل هذا الوضع في وقت الانقلاب الشتوي لدرجة أنهم مارسوا أعظم قوة جذب ممكنة على البحر. فقط كل ثمانية عشر قرنا تتخذ الأجرام السماوية هذه العلاقة الخاصة. ولكن في تلك الفترة من العصور الوسطى، ضغطت الأمواج العظيمة تحت الماء بقوة غير عادية في الممرات الضيقة لبحر البلطيق، ومع جبال المياه 'ذهب الرنجة الضحلة. في وقت لاحق، عندما أصبح المد والجزر أضعف، بقيت الرنجة خارج بحر البلطيق، في بحر الشمال.

ثم أدرك بيترسون حقيقة أخرى بالغة الأهمية – وهي أن تلك القرون من المد والجزر كانت فترة "أحداث مذهلة وغير عادية" في عالم الطبيعة. أدى الجليد القطبي إلى سد جزء كبير من شمال المحيط الأطلسي. دمرت سواحل بحر الشمال وبحر البلطيق بفعل فيضانات عنيفة. كانت فصول الشتاء "شدة غير مبررة" ونتيجة للقسوة المناخية حدثت كوارث سياسية واقتصادية في جميع أنحاء المناطق المأهولة بالسكان من الأرض. هل يمكن أن يكون هناك ارتباط بين هذه الأحداث وتلك الجبال المتحركة من المياه غير المرئية؟ هل يمكن أن يؤثر المد العميق على حياة الرجال وكذلك الرنجة؟

أفاد عالم الجليد هانز أهلمان أن معظم الأنهار الجليدية النرويجية "تعيش فقط على كتلتها الخاصة دون تلقي أي إمدادات سنوية جديدة من الثلج"؛ أنه في جبال الألب كان هناك تراجع

عام وانكماش للأنهار الجليدية خلال العقود الماضية، والتي أصبحت "كارثية" في صيف عام ١٩٤٧؛ وأن جميع الأنهار الجليدية حول سواحل شمال الأطلسي آخذة في الانكماش. يحدث الركود الأسرع على الإطلاق في ألاسكا، حيث انحسر نهر موير الجليدي بحوالي ١٠,٥ كيلومترات خلال ١٢ عامًا.

في الوقت الحاضر، تعد الأنهار الجليدية الشاسعة في أنتاركتيكا لغزًا. لا أحد يستطيع أن يقول ما إذا كانوا يذوبون أيضًا، أو بأي معدل. لكن التقارير الواردة من أجزاء أخرى من العالم تظهر أن الأنهار الجليدية الشمالية ليست الوحيدة التي تنحسر. أخذت الأنهار الجليدية للعديد من البراكين المرتفعة في شرق إفريقيا تتقلص منذ أن تمت دراستها لأول مرة في القرن التاسع عشر – بسرعة كبيرة منذ عام ١٩٢٠ – وهناك انكماش جليدي في جبال الأنديز وكذلك في الجبال العالية في آسيا الوسطى.

يبدو أن مناخ القطب الشمالي الأكثر اعتدالًا وشبه القطب الشمالي قد أدى بالفعل إلى مواسم نمو أطول ومحاصيل أفضل. تحسنت زراعة الشوفان في آيسلندا. أصبحت سنوات البذور الجيدة في النرويج هي القاعدة وليست الاستثناء، وحتى في شمال الدول الاسكندنافية، انتشرت الأشجار بسرعة فوق خطوط الأخشاب السابقة، ويحقق كل من الصنوبر والتنوب نموًا سنويًا أسرع مما كان عليه لبعض الوقت.

البلدان التي تحدث فيها التغييرات الأكثر لفتا للنظر هي تلك التي يكون مناخها تحت سيطرة تيارات شمال الأطلسي بأسلوب مباشر. تشهد غرينلاند وأيسلندا وسبيتسبيرجن وجميع شمال أوروبا، كما رأينا، الحرارة والبرودة والجفاف والفيضانات وفقًا للقوة والدفء المتفاوتين في التيارات المتجهة شرقاً وشمالاً في المحيط الأطلسي. اكتشف علماء المحيطات الذين كانوا يدرسون هذه المسألة خلال الأربعينيات العديد من التغييرات المهمة في درجة حرارة وتوزيع

الكتل الكبيرة من مياه المحيطات. من الواضح أن فرع تيار الخليج الذي يتدفق عبر سبيتسبيرجن قد زاد في الحجم لدرجة أنه يجلب الآن قدرًا كبيرًا من الماء الدافئ. تظهر المياه السطحية لشمال الأطلسي درجات حرارة متصاعدة؛ وكذلك تفعل الطبقات العميقة حول أيسلندا وسبيتسبيرجن. ارتفعت درجات حرارة البحر في بحر الشمال وعلى طول ساحل النرويج منذ عشرينيات القرن الماضي.

مما لا شك فيه، هناك عوامل أخرى تعمل في إحداث التغيرات المناخية في القطب الشمالي ومناطق القطب الشمالي الفرعية. لسبب واحد، يكاد يكون من المؤكد أننا ما زلنا في مرحلة الاحترار بعد التجلد البليستوسيني الأخير - أن مناخ العالم، على مدى آلاف السنين القادمة، سوف يزداد دفئًا إلى حد كبير قبل بدء التأرجح الهبوطي إلى عصر جليدي آخر. لكن ما نشهده الآن ربما يكون تغيرًا مناخيًا لمدة أقصر، لا يمكن قياسه إلا في عقود أو قرون. يقول بعض العلماء إنه لا بد أنه كانت هناك زيادة طفيفة في النشاط الشمسي، مما أدى إلى تغيير نمط دوران الهواء وتسبب في هبوب الرياح الجنوبية بأسلوب متكرر في الدول الاسكندنافية وSpitsbergen؛ ووفقًا لهذا الرأي، فإن التغيرات في التيارات المحيطية هي تأثيرات ثانوية لتحول الرياح السائدة.

ولكن إذا كان لنظرية بيترسون المد والجزر، كما يعتقد البروفيسور بروكس، أساسًا جيدًا مثله مثل تغيير الإشعاع الشمسي، فمن المثير للاهتمام حساب المكان الذي يتناسب فيه وضعنا في القرن العشرين مع المخطط الكوني للدورات المتغيرة للمد والجزر. المد والجزر العظيم في نهاية العصور الوسطى، مع مصاحبتهم للثلج والجليد والرياح العاتية والفيضانات الغارقة، خلفنا أكثر من خمسة قرون. إن عصر أضعف حركات المد والجزر، مع مناخ معتدل مثل ذلك الذي كان عليه في أوائل العصور الوسطى، يقترب من أربعة قرون تقريبًا. لذلك بدأنا نتحرك

بقوة في فترة طقس أكثر دفئًا واعتدالًا. ستكون هناك تقلبات، حيث تتحرك الأرض والشمس والقمر عبر الفضاء وتتضاءل قوة المد والجزر. لكن الاتجاه الطويل هو نحو أرض أكثر دفئا. البندول يتأرجح.





الثروة من البحار المالحة

«تغيير البحر إلى شيء ثري وعجيب»

ويليام شيكسبير

المحيط هو أكبر مخزون للمعادن على وجه الأرض. يوجد في ميل مكعب واحد من مياه البحر، في المتوسط، ١٦٦ مليون طن من الأملاح الذائبة، وفي جميع مياه المحيطات على الأرض يوجد حوالي ٥٠ كوادريليون طن. ومن طبيعة الأشياء أن تتزايد هذه الكمية تدريجياً على مدى آلاف السنين، لأنه على الرغم من أن الأرض تقوم باستمرار بتحويل المواد المكونة لها من مكان إلى آخر، فإن الحركات الأثقل تكون إلى الأبد باتجاه البحر.

كان من المفترض أن البحار الأولى كانت قليلة الملوحة وأن ملوحتها كانت تنمو على مر العصور. المصدر الرئيس لملح المحيط هو الوشاح الصخري للقارات. عندما هطلت تلك الأمطار الأولى – الأمطار التي استمرت لقرون والتي سقطت من السحب الكثيفة التي تحيط بالأرض الفتية – بدأت عمليات تآكل الصخور ونقل المعادن الموجودة بها إلى البحر. يُعتقد أن

التدفق السنوي للمياه باتجاه البحر يبلغ حوالي ٦٥٠٠ ميل مكعب، وهذا التدفق الداخلي لمياه النهر يضيف إلى المحيط عدة مليارات من الأطنان من الأملاح.

من الحقائق الغريبة أن هناك القليل من التشابه بين التركيب الكيميائي لمياه النهر وتلك الخاصة بمياه البحر. العناصر المختلفة موجودة بنسب مختلفة تمامًا. تجلب الأنهار أربعة أضعاف الكالسيوم مقارنة بالكلوريد، على سبيل المثال، ولكن في المحيط تنعكس النسب بقوة

٤٦ ضعف كلوريد الكالسيوم. أحد الأسباب المهمة للاختلاف هو أن كميات هائلة من أملاح الكالسيوم يتم سحبها باستمرار من مياه البحر بواسطة الحيوانات البحرية وتستخدم لبناء الأصداف والهياكل العظمية - للأصداف المجهرية التي تؤوي المنخربات، وللتركيبات الضخمة للشعاب المرجانية ولأصداف المحار والبطلينوس والرخويات الأخرى. سبب آخر هو ترسيب الكالسيوم من مياه البحر. هناك فرق مذهل أيضًا في محتوى السيليكون لمياه الأنهار والبحار - حوالي ٥٠٠ في المائة أكبر في الأنهار منه في البحر. السيليكا مطلوبة من قبل الدياتومات لصنع أصدافها، وبالتالي فإن الكميات الهائلة التي تجلبها الأنهار تستخدم إلى حد كبير من قبل هذه النباتات المنتشرة في البحر. غالبًا ما يكون هناك نمو كثيف بأسلوب استثنائي للدياتومات من أفواه الأنهار. بسبب المتطلبات الكيميائية الإجمالية الهائلة لجميع الحيوانات والنباتات في البحر، فإن جزءًا صغيرًا فقط من الأملاح التي تجلبها الأنهار سنويًا يذهب إلى زيادة كمية المعادن الذائبة في الماء. يتم تقليل التفاوتات في التركيب الكيميائي بأسلوب أكبر من خلال التفاعلات التي يتم إطلاقها فور تصريف المياه العذبة في البحر، وبسبب التفاوتات الهائلة في الحجم بين المياه العذبة الواردة والمحيط.

هناك وكالات أخرى يتم بواسطتها إضافة المعادن إلى البحر - من مصادر غامضة مدفونة في أعماق الأرض. من كل بركان، يتسرب الكلور والغازات الأخرى إلى الغلاف

الجوي ويتم حملها في المطر على سطح الأرض والبحر. ينتج الرماد البركاني والصخور مواد أخرى. وتصب جميع البراكين الموجودة في الغواصة، التي تتدفق عبر الحفر غير المرئية مباشرة في البحر، في البورون والكلور والكبريت واليود.

كل هذا هو تدفق أحادي الاتجاه للمعادن إلى البحر. فقط إلى حد محدود للغاية، هناك أي عودة للأملاح إلى الأرض. نحاول استعادة بعضها مباشرة عن طريق الاستخراج الكيميائي والتعدين، وبأسلوب غير مباشر عن طريق حصاد نباتات وحيوانات البحر. هناك طريقة أخرى، في دورات الأرض الطويلة والمتكررة، والتي من خلالها يعيد البحر نفسه للأرض ما حصل عليه. يحدث هذا عندما ترتفع مياه المحيط فوق الأراضي، وترسب رواسبها، ثم تنسحب أخيرًا، تاركة فوق القارة طبقة أخرى من الصخور الرسوبية. وهي تحتوي على بعض مياه البحر وأملاحه. ولكنه مجرد قرض مؤقت للمعادن للأرض، ويبدأ الدفع العائد على الفور عن طريق القنوات القديمة المألوفة – المطر، والتعرية، والجريان السطحي إلى الأنهار، والنقل إلى البحر.

هناك تبادلات صغيرة غريبة أخرى للمواد بين البحر والأرض. في حين أن عملية التبخر، التي ترفع بخار الماء في الهواء، تترك معظم الأملاح خلفها، فإن كمية مدهشة من الملح تتسلل إلى الغلاف الجوي وتقطع مسافات طويلة على الريح. يتم التقاط ما يسمى بـ "الملح الدوري" عن طريق الرياح من رذاذ بحر هائج أو متعرج أو أمواج متكسرة وينفخ في الداخل، ثم يسقط في المطر ويعيده الأنهار إلى المحيط. هذه الجسيمات الصغيرة غير المرئية من ملح البحر المنجرفة في الغلاف الجوي هي في الواقع واحدة من الأشكال العديدة لنوى الغلاف الجوي التي تتشكل حولها قطرات المطر. المناطق القريبة من البحر بأسلوب عام تتلقى معظم الملح. أدرجت الأرقام المنشورة ما بين ٢٤ إلى ٣٦ جنيهًا لكل فدان في السنة لإنجلترا وأكثر من ١٠٠

جنيها لجويانا البريطانية. لكن المثال الأكثر إدهاشًا للميناء العابر لمسافات طويلة وواسع النطاق للأملاح الحلقية هو مصدره بحيرة Sambhar Salt Lake في شمال الهند. تستقبل ٣٠٠٠ طن من الملح سنويًّا، تحملها الرياح الموسمية الحارة والجافة في الصيف من البحر، على بعد ٤٠٠ ميل.

تعتبر نباتات وحيوانات البحر كيميائيين أفضل بكثير من البشر، وحتى الآن كانت جهودنا لاستخراج الثروة المعدنية للبحر ضعيفة مقارنة بتلك الموجودة في أشكال الحياة الأدنى. لقد كانوا قادرين على إيجاد واستخدام العناصر الموجودة في مثل هذه الآثار الدقيقة التي لم يتمكن الكيميائيون البشريون من اكتشاف وجودها حتى وقت قريب جدًّا، تم تطوير طرق عالية الدقة للتحليل الطيفي.

لم نكن نعرف، على سبيل المثال، أن الفاناديوم حدث في البحر حتى تم اكتشافه في دماء بعض الكائنات البحرية البطيئة والمستقرة، والهولوثوريين (الذين يعتبر خيار البحر مثالًا لهم) والزقديين. يتم استخراج كميات ضخمة نسبيًا من الكوبالت عن طريق الكركند وبلح البحر، ويستخدم النيكل بواسطة أنواع مختلفة من الرخويات، ومع ذلك لم نتمكن من استعادة حتى آثار هذه العناصر إلا في السنوات الأخيرة. لا يمكن استرداد النحاس إلا بحوالي جزء مائة في مليون من مياه البحر، ومع ذلك فهو يساعد في تكوين دم الحياة للكركند، حيث يدخل في أصباغ الجهاز التنفسي كما يفعل الحديد في دم الإنسان.

على عكس إنجازات كيميائيي اللافقاريات، لم نحقق حتى الآن سوى نجاح محدود في استخراج أملاح البحر بكميات يمكننا استخدامها لأغراض تجارية، على الرغم من كميتها الهائلة وتنوعها الكبير. لقد استعدنا حوالي خمسين عنصرًا معروفًا عن طريق التحليل الكيميائي، وربما سنجد أن جميع العناصر الأخرى موجودة، عندما نتمكن من تطوير طرق

مناسبة لاكتشافها. تسود خمسة أملاح وهي موجودة بنسب ثابتة. كما نتوقع، كلوريد الصوديوم هو الأكثر وفرة إلى حد بعيد، حيث يشكل ٧٧,٨ في المائة من إجمالي الأملاح؛ يليه كلوريد المغنيسيوم بنسبة ١٠,٩ في المائة؛ ثم كبريتات المغنيسيوم ٤,٧ في المائة؛ كبريتات الكالسيوم ٣,٦ في المائة؛ وكبريتات البوتاسيوم ٢,٥ في المائة. جميع الآخرين مجتمعين يشكلون ٠,٥ في المائة المتبقية.

من بين جميع العناصر الموجودة في البحر، ربما لا شيء أثار أحلام الرجال أكثر من الذهب. إنه موجود – في جميع المياه التي تغطي الجزء الأكبر من سطح الأرض – بكمية إجمالية كافية لجعل كل شخص في العالم مليونيراً. ولكن كيف يمكن جعل البحر يفرزه؟ كانت المحاولة الأكثر عزمًا لانتزاع كمية كبيرة من الذهب من مياه المحيطات – وأيضًا الدراسة الأكثر اكتمالاً للذهب في مياه البحر – قام بها الكيميائي الألماني فريتز هابر بعد الحرب العالمية الأولى. ابتكر هابر فكرة استخراج ما يكفي من الذهب من البحر لسداد ديون الحرب الألمانية، وأسفر حلمه عن رحلة النيزك في جنوب المحيط الأطلسي الألمانية. تم تجهيز النيزك بمختبر ومصنع للترشيح، وبين عامي ١٩٢٤ و١٩٢٨ عبرت السفينة وعبرت المحيط الأطلسي، وأخذت عينات من المياه. لكن الكمية التي تم العثور عليها كانت أقل مما كان متوقعًا، وتكلفة الاستخراج أكبر بكثير من قيمة الذهب المسترد. الاقتصاد العملي لهذه المسألة هو على النحو التالي: في ميل مكعب من مياه البحر هناك حوالي ٩٣،٠٠٠،٠٠٠ دولار من الذهب و٨،٥٠٠،٠٠٠ دولار في الفضة. ولكن لمعالجة هذا الحجم من المياه في عام واحد سيتطلب تعبئة وتفريغ ٢٠٠ خزان ماء مرتين يوميًا، كل ٥٠٠ قدم مربع وعمق ٥ أقدام. من المحتمل أن هذا ليس إنجازًا أكبر نسبيًا مما يتم إنجازه بانتظام بواسطة الشعاب المرجانية والإسفنج والمحار، ولكن وفقًا للمعايير البشرية، فإنه ليس مجديًا اقتصاديًا.

ربما يكون أكثر المواد غموضًا في البحر هو اليود. في مياه البحر هو واحد من أندر المواد اللافلزية، ويصعب اكتشافه ومقاومته بالتحليل الدقيق. ومع ذلك، توجد في كل النباتات والحيوانات البحرية تقريبًا. تتراكم الإسفنج والشعاب المرجانية وبعض الأعشاب البحرية بكميات هائلة منه. يبدو أن اليود الموجود في البحر في حالة تغير كيميائي مستمر، ويتأكسد أحيانًا. في بعض الأحيان يتم تقليله، الدخول مرة أخرى في تركيبات عضوية. يبدو أن هناك تقاطعات ثابتة بين الهواء والبحر، وربما يتم نقل اليود بأسلوب ما إلى الهواء في شكل رذاذ، لأن الهواء عند مستوى سطح البحر يحتوي على كميات قابلة للاكتشاف، والتي تتناقص مع الارتفاع. منذ أن جعلت الكائنات الحية اليود جزءًا من كيمياء أنسجتها، يبدو أنها أصبحت تعتمد عليه بأسلوب متزايد؛ الآن نحن أنفسنا لا يمكن أن نعيش بدونه كمنظم لعملية التمثيل الغذائي القاعدية لأجسامنا، من خلال الغدة الدرقية التي تتراكمها.

كان يتم الحصول على جميع اليود التجاري سابقًا من الأعشاب البحرية؛ ثم تم اكتشاف رواسب نترات الصودا الخام من صحاري شمال تشيلي. ربما كان المصدر الأصلي لهذه المادة الخام - المسماة "كاليش" - هو بعض البحار التي تعود إلى عصور ما قبل التاريخ المليئة بالنباتات البحرية، ولكن هذا موضوع مثير للجدل. يتم الحصول على اليود أيضًا من الرواسب الملحية ومن المياه الجوفية للصخور الحاملة للنفط - وكلها ذات أصل بحري بأسلوب غير مباشر.

تحتكر المحيطات احتكار البروم في العالم، حيث يتركز ٩٩ في المائة منه الآن. تم ترسيب الجزء الصغير الموجود في الصخور في الأصل هناك عن طريق البحر. أولاً، حصلنا عليها من المحاليل الملحية التي خلفتها أحواض جوفية في محيطات ما قبل التاريخ؛ توجد الآن نباتات كبيرة على سواحل البحر - خاصة في الولايات المتحدة - تستخدم مياه المحيط كمواد خام

وتستخرج البروم مباشرة. بفضل الأساليب الحديثة للإنتاج التجاري للبروم، لدينا بنزين عالي الاختبار لسياراتنا. هناك قائمة طويلة من الاستخدامات الأخرى، بما في ذلك صناعة المهدئات، وطفايات الحريق، والمواد الكيميائية الفوتوغرافية، والأصباغ، ومواد الحرب الكيميائية.

كان أحد أقدم مشتقات البروم المعروفة للإنسان هو اللون الأرجواني الصوري، والذي صنعه الفينيقيون في مصباغهم من الحلزون الأرجواني، الموريكس. قد يتم ربط هذا الحلزون بطريقة غريبة ورائعة بالكميات الهائلة وغير المعقولة على ما يبدو من البروم الموجود اليوم في البحر الميت، والذي يحتوي، كما يقدر، على حوالي ٨٥٠ مليون طن من المادة الكيميائية. تركيز البروم في مياه البحر الميت يزيد ١٠٠ مرة عن تركيزه في المحيط. يبدو أن الإمداد يتجدد باستمرار عن طريق الينابيع الحارة الجوفية التي تصب في قاع بحيرة طبريا، والتي بدورها ترسل مياهها إلى البحر الميت عبر نهر الأردن. تعتقد بعض السلطات أن مصدر البروم في الينابيع الحارة هو نتيجة وجود بلايين من القواقع القديمة، وضعتها بحر من العصور القديمة في طبقة مدفونة منذ فترة طويلة.

المغنيسيوم هو معدن آخر نحصل عليه الآن من خلال جمع كميات ضخمة من مياه المحيط ومعالجتها بالمواد الكيميائية، على الرغم من أنه في الأصل مشتق فقط من المحاليل الملحية أو من معالجة الصخور المحتوية على المغنيسيوم مثل الدولوميت ، والتي تتكون منها سلاسل جبلية كاملة. في ميل مكعب من مياه البحر، يوجد حوالي ٤ ملايين طن من المغنيسيوم. منذ أن تم تطوير طريقة الاستخراج المباشر حوالي عام ١٩٤١، زاد الإنتاج بأسلوب كبير. كان المغنيسيوم من البحر هو الذي جعل من الممكن نمو صناعة الطيران في زمن الحرب، فكل طائرة صنعت في الولايات المتحدة (وفي معظم البلدان الأخرى أيضًا) تحتوي على حوالي نصف طن

من معدن المغنيسيوم. وله استخدامات لا حصر لها في صناعات أخرى حيث يكون المعدن خفيف الوزن مطلوبًا، إلى جانب فائدته طويلة الأمد كمادة عازلة، واستخدامه في أحبار الطباعة والأدوية ومعجون الأسنان، وفي أدوات الحرب مثل القنابل الحارقة والنجوم. قذائف وذخيرة تتبع.

حيثما سمح المناخ بذلك، يبخر الرجال الملح من مياه البحر لقرون عديدة. تحت أشعة الشمس الحارقة في المناطق الاستوائية، حصد الإغريق والرومان والمصريون الملح الذي يجب أن يمتلكه رجال وحيوانات في كل مكان من أجل العيش. حتى اليوم في أجزاء من العالم حارة وجافة وحيث تهب رياح جافة، يُمارس التبخر الشمسي للملح – على شواطئ الخليج الفارسي، في الصين والهند واليابان، وفي الفلبين، وعلى ساحل كاليفورنيا والمسطحات القلوية في ولاية يوتا.

توجد هنا وهناك أحواض طبيعية حيث تتحد حركة الشمس والرياح والبحر لتستمر في تبخر الملح على نطاق أكبر بكثير مما يمكن أن تحققه الصناعة البشرية. مثل هذا الحوض الطبيعي هو Rann of Cutch على الساحل الغربي للهند. ران سهل منبسط، حوالي ٦٠ × ١٨٥ ميلًا، تفصله جزيرة كوتش عن البحر. عندما تهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، يتم نقل مياه البحر عن طريق قناة لتغطية السهل. لكن في الصيف، في الموسم الذي تهب فيه الرياح الموسمية الشمالية الشرقية الساخنة من الصحراء، لا تدخل المياه بعد الآن، ويتبخر ما يتم تجميعه في برك فوق السهل إلى قشرة ملحية، في بعض الأماكن بسمك عدة أقدام.

حيث أتى البحر فوق الأرض، ووضع وضعه، ثم انسحب، تكون هناك خزانات من المواد الكيميائية التي يمكننا الاعتماد عليها مع القليل من المتاعب نسبيًّا. مخبأة في أعماق سطح الأرض برك من المياه المالحة الأحفورية / المياه المالحة للبحار القديمة؛ الصحاري الأحفورية

/ ملح البحار القديمة الذي تبخر في ظل ظروف الحرارة الشديدة والجفاف؛ وطبقات الصخور الرسوبية التي تحتوي على الرواسب العضوية وأملاح البحر الذائبة التي ترسبتها.

خلال فترة العصر البرمي، التي كانت فترة حرارة شديدة وجفاف وانتشار الصحاري، تشكل بحر داخلي واسع فوق معظم أوروبا، يغطي أجزاءً من بريطانيا الحالية وفرنسا وألمانيا وبولندا. نادرا ما كانت تهطل الأمطار وكان معدل التبخر مرتفعا. أصبح البحر شديد الملوحة، وبدأ في ترسب طبقات من الأملاح. لفترة تغطي آلاف السنين، تم ترسيب الجبس فقط، وربما يمثل ذلك الوقت الذي كانت فيه المياه العذبة من المحيط تدخل أحيانًا إلى البحر الداخلي لتختلط بمحلول ملحي قوي. بالتناوب مع الجبس كان هناك طبقات ملح أكثر سمكًا. في وقت لاحق، مع تقلص مساحتها وتزايد تركيز البحر، تشكلت رواسب من كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم (ربما تمثل هذه المرحلة ٥٠٠ عام)؛ في وقت لاحق، وربما لمدة ٥٠٠ عام أخرى، تم وضع مختلط كلوريد البوتاسيوم والمغنيسيوم أو كارناليت. بعد أن تبخر البحر تمامًا، سادت الظروف الصحراوية، وسرعان ما دفنت رواسب الملح تحت الرمال. أغنى الأسرة تشكل رواسب ستاسفورت والألزاس الشهيرة. في اتجاه ضواحي المنطقة الأصلية للبحر القديم (كما، على سبيل المثال، في إنجلترا) لا يوجد سوى طبقات ملح. يبلغ سمك أسرة ستاسفورت حوالي ٢٥٠٠ قدم؛ وقد عُرفت ينابيع المياه المالحة بها منذ القرن الثالث عشر، واستُخرجت الأملاح منذ القرن السابع عشر.

في فترة جيولوجية سابقة – السيلوريان – ترسب حوض ملح كبير في الجزء الشمالي من الولايات المتحدة، يمتد من وسط ولاية نيويورك عبر ميتشغان، بما في ذلك شمال بنسلفانيا وأوهايو وجزء من جنوب أونتاريو. بسبب المناخ الحار والجاف في ذلك الوقت، نما البحر الداخلي الممتد فوق هذا المكان مالحًا لدرجة أن طبقات الملح والجبس ترسبت على مساحة كبيرة

تغطي حوالي ١٠٠٠٠٠ ميل مربع. هناك سبع طبقات ملح مميزة في إيثاكا، نيويورك، أعليها يقع على عمق حوالي نصف ميل. في جنوب ميشيغان، يبلغ سمك بعض طبقات الملح الفردية أكثر من ٥٠٠ قدم، ويبلغ سمك الملح الإجمالي في وسط حوض ميشيغان حوالي ٢٠٠٠ قدم. في بعض الأماكن، يتم استخراج الملح الصخري؛ في الآبار الأخرى يتم حفرها، ودفع المياه إلى الأسفل، ويتم ضخ المحلول الملحي الناتج إلى السطح وتبخيره لاستعادة الملح.

يتم إنتاج النفط بالفعل من الآبار البحرية على الجرف القاري. قبالة كاليفورنيا وتكساس ولويزيانا، قامت شركات النفط بالتنقيب في رواسب الجرف والحصول على النفط. في الولايات المتحدة، تركز الاستكشاف الأكثر نشاطًا في خليج المكسيك. انطلاقا من تاريخها الجيولوجي، فإن هذه المنطقة بها وعود غنية. لعصور من الزمن، كانت إما أرضًا جافة أو حوضًا بحريًّا ضحلًا جدًّا، حيث تستقبل الرواسب التي انجرفت إليها من المرتفعات إلى الشمال. أخيرًا، في منتصف العصر الطباشيري تقريبًا، بدأت أرضية الخليج بالغرق تحت حمولة الرواسب وفي الوقت المناسب اكتسبت حوضها المركزي العميق الحالي.

من خلال الاستكشاف الجيوفيزيائي، يمكننا أن نرى أن طبقات الصخور الرسوبية الواقعة تحت السهل الساحلي تميل بشدة نحو الأسفل وتمر تحت الجرف القاري العريض للخليج. يوجد أسفل الطبقات المترسبة في العصر الجوراسي طبقة ملحية كثيفة ذات مدى هائل، ربما تكونت عندما كان هذا الجزء من الأرض حارًا وجافًا، مكانًا تتقلص فيه البحار والصحاري الزاحفة. في لويزيانا وتكساس، ويبدو الآن، في الخليج نفسه، أن السمات غير العادية المعروفة باسم قباب الملح مرتبطة بهذا الرواسب. هذه سدادات ملح شبيهة بالأصابع، وعادة ما يكون عرضها أقل من ميل واحد، وترتفع من الطبقة العميقة نحو سطح الأرض. وقد وصفها الجيولوجيون بأنها "دفعت من خلال ٥٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠ قدم من الرواسب

بضغوط الأرض، مثل المسامير من خلال لوح". في الدول المجاورة للخليج، غالبًا ما ترتبط مثل هذه الهياكل بالنفط. يبدو من المحتمل أن قباب الملح على الجرف القاري قد تشير إلى رواسب نفطية كبيرة.

لذلك، عند استكشاف الخليج بحثًا عن النفط، يبحث الجيولوجيون عن قباب الملح حيث من المحتمل أن تكمن حقول النفط الأكبر. يستخدمون أداة تعرف باسم مقياس المغناطيسية، والتي تقيس الاختلافات في الشدة المغناطيسية التي تحدثها قباب الملح. تساعد مقاييس الجاذبية أيضًا في تحديد موقع القباب عن طريق قياس التباين في الجاذبية بالقرب منها، حيث تكون الثقل النوعي للملح أقل من الجاذبية الموجودة في الرواسب المحيطة. الفعلية

يتم اكتشاف موقع القبة ومخططها من خلال الاستكشاف الزلزالي، الذي يتتبع ميل طبقات الصخور من خلال تسجيل انعكاس الموجات الصوتية الناتجة عن انفجارات الديناميت. تم استخدام طرق الاستكشاف هذه على اليابسة لعدة سنوات، ولكن منذ عام ١٩٤٥ فقط تم تكييفها لاستخدامها في مياه الخليج البحرية. تم تحسين مقياس المغنطيسية لدرجة أنه سيرسم خريطة مستمرة أثناء جره خلف قارب أو حمله أو تعليقه من طائرة. يمكن الآن خفض مقياس الجاذبية بسرعة إلى الأسفل وإجراء القراءات بواسطة جهاز التحكم عن بعد. (بمجرد أن يضطر المشغل إلى النزول معه في جرس الغوص.) قد تطلق أطقم رصد الزلازل شحنات الديناميت الخاصة بهم وتقوم بإجراء تسجيلات مستمرة أثناء سير قواربهم.

على الرغم من كل هذه التحسينات التي تسمح بالاستكشاف بسرعة، فإنه ليس من السهل الحصول على النفط من الحقول الموجودة تحت سطح البحر. يجب أن يتبع التنقيب تأجير المناطق المحتملة لإنتاج النفط، ثم الحفر لمعرفة ما إذا كان النفط موجودًا بالفعل. ترتكز منصات الحفر البحرية على دعامات يجب دفعها حتى عمق ٢٥٠ قدمًا في قاع الخليج لتحمل قوة

الأمواج، خاصة خلال موسم الأعاصير. الرياح، وموجات العواصف، والضباب، وقضم مياه البحر المتآكلة على الهياكل المعدنية - كل هذه مخاطر يجب مواجهتها والتغلب عليها. ومع ذلك، فإن الصعوبات التقنية المتعلقة بالعمليات البحرية الأكثر شمولاً بكثير من أي محاولة أخرى لا تثبط عزيمة المتخصصين في هندسة البترول.

لذا فإن بحثنا عن الثروة المعدنية غالبًا ما يقودنا إلى البحار القديمة - إلى الزيت المستخرج من أجسام الأسماك والأعشاب البحرية وأشكال أخرى من الحياة النباتية والحيوانية ثم يتم تخزينها بعيدًا في الصخور القديمة؛ إلى المحاليل الملحية الغنية المخبأة في البرك الجوفية حيث لا تزال المياه الأحفورية للبحار القديمة باقية؛ إلى طبقات الأملاح التي هي المادة المعدنية لتلك البحار القديمة الموضوعة كغطاء فوق القارات. ربما مع مرور الوقت، عندما نتعلم الأسرار الكيميائية للشعاب المرجانية والإسفنج الدياتومات، سنعتمد بأسلوب أقل على الثروة المخزنة في بحار ما قبل التاريخ وسنذهب أكثر وأكثر مباشرة إلى المحيط والصخور التي تتشكل الآن تحت مياهها الضحلة.





تطويق البحر

«بحرٌ تنطلق منه الطيور مسافرةً، ليس في عامٍ واحدٍ؛ لذلك فهو واسع ومخيف»

هومر

كان المحيط، يا الإغريق القدماء، تيارًا لا نهاية له يتدفق إلى الأبد حول حدود العالم، ينقلب على نفسه بلا توقف مثل عجلة، نهاية الأرض، بداية الجنة. كان هذا المحيط لا حدود له. كان لانهائي. إذا كان الشخص سيغامر بالخروج بعيدًا عنه – حيث يمكن التفكير في مثل هذا المسار – فسوف يمر عبر الظلام المتجمّع والضباب الغامض وسيأتي أخيرًا إلى مزيج مروع وفوضوي من البحر والسماء، مكان تنتظر فيه الدوامات والهاوية المتثاقلة لجذب المسافر إلى عالم مظلم لا عودة منه.

تم العثور على هذه الأفكار، في أشكال مختلفة، في الكثير من الأدبيات العشرة التي سبقت العصر المسيحي، وفي السنوات اللاحقة استمرت في التكرار حتى خلال الجزء الأكبر من العصور الوسطى. بالنسبة لليونانيين، كان البحر الأبيض المتوسط المألوف هو البحر. في

الخارج، كان Oceanus يستحم محيط عالم الأرض. ربما في مكان ما في أقصى اتساعه كان موطن الآلهة والأرواح الراحلة، الحقول الإليزية. لذلك نلتقي بأفكار القارات التي لا يمكن الوصول إليها أو الجزر الجميلة في المحيط البعيد، مختلطة بأسلوب مرتبك مع الإشارات إلى خليج لا نهاية له على حافة العالم - ولكن دائمًا حول قرص العالم الصالح للسكن كان المحيط الشاسع، الذي يحيط بالجميع.

ربما تكون بعض الحكايات الشفوية عن العالم الشمالي الغامض، التي تم ترشيحها عن طريق طرق التجارة المبكرة للعنبر والقصدير، ملوّنة لمفاهيم الأساطير المبكرة بحيث يتم تصوير حدود عالم الأرض كمكان. من الضباب والعواصف والظلام. وصف Homer's Odyssey الكيميريين بأنهم سكنوا في عالم بعيد من الضباب والظلام على شواطئ Oceanus، وأخبروا عن الرعاة الذين عاشوا في أرض النهار الطويل، حيث كانت مسارات الليل والنهار قريبة. ومرة أخرى، ربما استخلص الشعراء والمؤرخون الأوائل بعض أفكارهم عن المحيط من الفينيقيين، الذين جابت حرفتهم شواطئ أوروبا وآسيا وأفريقيا بحثًا عن الذهب والفضة والأحجار الكريمة والتوابل والأخشاب لتجارتها. مع الملوك والأباطرة. قد يكون هؤلاء التجار البحارة هم أول من عبروا محيطًا على الإطلاق، لكن التاريخ لا يسجل الحقيقة. لما لا يقل عن ٢٠٠٠ سنة قبل المسيح - وربما لفترة أطول - كانت التجارة المزدهرة للفينيقيين تنتقل على طول شواطئ البحر الأحمر إلى سوريا وأرض الصومال والجزيرة العربية وحتى الهند وربما إلى الصين. كتب هيرودوت أنهم أبحروا حول إفريقيا من الشرق إلى الغرب حوالي ٦٠٠ قبل الميلاد، ووصلوا إلى مصر عبر مضيق الأعمدة والبحر الأبيض المتوسط. لكن الفينيقيين أنفسهم قالوا ولم يكتبوا شيئًا عن رحلتهم أو لم يكتبوا شيئًا عن رحلاتهم، مع الحفاظ على سرية

طرق التجارة ومصادر شحناتهم الثمينة. لذلك، هناك فقط شائعات غامضة، مدعومة بأسلوب تخطيطي بالاكتشافات الأثرية، بأن الفينيقيين ربما أطلقوا في المحيط الهادئ المفتوح.

ولا يوجد أي شيء سوى الشائعات والمواقف العالية المعقولة التي قد يكون الفينيقيون قد أبحروا في رحلاتهم الساحلية على طول أوروبا الغربية إلى أقصى الشمال مثل شبه الجزيرة الاسكندنافية وبحر البلطيق، مصدر العنبر الثمين. لا توجد آثار مؤكدة لأي زيارات من هذا القبيل، وبالطبع لم يترك الفينيقيون أي سجل مكتوب لأي منها. ومع ذلك، هناك إحصاء مباشر من إحدى رحلاتهم الأوروبية. كانت هذه الرحلة الاستكشافية بقيادة هيمليكو قرطاج، والتي أبحرت شمالًا على طول الساحل الأوروبي حوالي عام ٥٠٠ قبل الميلاد. من الواضح أن هيمليكو كتب سرداً لهذه الرحلة، على الرغم من عدم حفظ مخطوطته. لكن أوصافه نقلها رومان أفينوس ، بعد ما يقرب من ألف عام. وفقًا لـ Avienus، رسم هيمليكو صورة غير مشجعة لبحار أوروبا الساحلية:

هذه البحار بالكاد يمكن أن تبحر خلال أربعة أشهر ... لا نسيم يدفع السفينة إلى الأمام، لذا فقد ماتت رياح هذا البحر الخامل. . . يوجد الكثير من الأعشاب البحرية بين الأمواج ... سطح الأرض بالكاد مغطى بقليل من الماء ... تتحرك وحوش البحر باستمرار هنا وهناك، وتسبح الوحوش البرية بين السفن البطيئة والزاحفة ببطء.

ربما كانت الوحوش هي حيتان خليج بسكاي، وأصبحت فيما بعد منطقة صيد الحيتان الشهيرة؛ ربما كانت مناطق المياه الضحلة التي أثارت إعجاب هيمليكو هي المسطحات المكشوفة والمغطاة بالمد والجزر العظيمة للساحل الفرنسي بالتناوب – وهي ظاهرة غريبة على واحدة من البحر الأبيض المتوسط الذي يكاد يكون خاليًا من المد. لكن كانت لدى هيمليكو أيضًا أفكارًا حول المحيط المفتوح إلى الغرب، إذا كان يمكن الوثوق برواية أفينوس: (بعيدًا إلى

الغرب من هذه الأعمدة يوجد بحر لا حدود له) ... لم يبحر أحد بسفن فوق هذه المياه، لأن الرياح تفتقر إلى هذه الأعماق ... وبالمثل لأن الظلام يحجب ضوء النهار بنوع من الملابس، ولأن الضباب يخفي البحر دائمًا. من الصعب القول بتأكيد أنفسهم، لكن كثيرًا من المفاهيم نفسها تظهر مرارًا وتكرارًا في الروايات اللاحقة، مرددة صدى عبر القرون إلى عتبة العصر الحديث.

وبقدر ما يتعلق الأمر بالسجلات التاريخية، فإن الرحلة العظيمة الأولى للاستكشاف البحري كانت بواسطة Pytheas of Massilia حوالي ٣٣٠ قبل الميلاد. لسوء الحظ، ضاعت كتاباته، بما في ذلك كتاب بعنوان On the Ocean، ولم يتم الاحتفاظ بمحتواها إلا في اقتباسات مجزأة نقلها كتّاب لاحقون. نحن نعرف القليل جدًّا من الظروف المسيطرة على الرحلة باتجاه الشمال لهذا الفلكي والجغرافي، ولكن ربما أراد Pytheas أن يرى إلى أي مدى امتد الأيكومين أو عالم الأرض، لمعرفة موقع الدائرة القطبية الشمالية، ولرؤية أرض شمس منتصف الليل. ربما سمع ببعض هذه الأشياء من خلال التجار الذين جلبوا القصدير والعنبر من أراضي البلطيق عبر طرق التجارة البرية.

نظرًا لأن Pytheas كان أول من استخدم القياسات الفلكية لتحديد الموقع الجغرافي للمكان وبطرق أخرى أثبت كفاءته كعالم فلك، فقد جلب أكثر من مهارة عادية إلى رحلة استكشافية. يبدو أنه أبحر في جميع أنحاء بريطانيا العظمى، ووصل إلى جزر شيتلاند، ثم انطلق في المحيط المفتوح إلى الشمال، قادمًا أخيرًا إلى ثول / أرض شمس منتصف الليل. في هذا البلد، نُقل عنه قوله: "كانت الليالي قصيرة جدًّا، في بعض الأماكن كانت ساعتان، وفي أخرى ثلاث ساعات، بحيث أشرقت الشمس مرة أخرى بعد وقت قصير من غروبها / كانت البلاد مأهولة" البرابرة الذين أظهروا Pytheas المكان الذي تذهب إليه الشمس للراحة / موقع

Thule هو نقطة متنازع عليها كثيرًا من قبل السلطات اللاحقة، يعتقد البعض أنها كانت أيسلندا، بينما يعتقد البعض الآخر أن Pytheas عبرت بحر الشمال إلى النرويج. يقال أيضًا أن Pytheas وصفت "البحر المتجمد" الواقع شمال ثول، والذي يتوافق بأسلوب أفضل مع أيسلندا.

لكن العصور المظلمة كانت تستقر في العالم المتحضر، ويبدو أن القليل من المعرفة بالأماكن البعيدة التي اكتسبها Pytheas في رحلاته قد أثار إعجاب الرجال المتعلمين الذين تبعوه. كتب الجغرافي بوسيدونيوس عن المحيط الذي "امتد إلى ما لا نهاية" ومن رودس قام برحلة على طول الطريق إلى قدير (قادس) لرؤية المحيط، وقياس المد والجزر، وتحديد حقيقة الاعتقاد بأن الشمس سقطت مع هسهسة جسم ملتهب في البحر الغربي العظيم.

ليس لدينا ما يقرب من ١٢٠٠ عام بعد Pytheas لدينا حساب واضح آخر للاستكشاف البحري - هذه المرة من قبل العثماني النرويجي. وصف أوتار رحلاته في البحار الشمالية للملك ألفريد، الذي سجلها في سرد مباشر للاستكشاف الجغرافي الخالي بأسلوب مذهل من وحوش البحر وغيرها من الرعب الخيالي. كان أوتار، على أساس هذا الحساب، أول مستكشف معروف يدور حول الرأس الشمالي، ويدخل البحر القطبي أو بحر بارنتس، ثم يدخل البحر الأبيض لاحقًا. وجد سواحل هذه البحار مأهولة بأشخاص يبدو أنه سمع عنهم من قبل. وفقًا للسرد، ذهب إلى هناك "بأسلوب رئيس لاستكشاف البلاد، ومن أجل الفظ، لأن لديهم الكثير من العظام القيمة في أنيابهم / ربما كانت هذه الرحلة قد تمت بين ٨٧٠ و٨٩٠ ميلاديًّا.

في هذه الأثناء كان عصر الفايكنج قد بزغ. عادة ما تعتبر بداية حملاتهم الأكثر أهمية نهاية القرن الثامن. لكن قبل ذلك الوقت بوقت طويل، قاموا بزيارة بلدان أخرى في شمال أوروبا.

في وقت مبكر من القرن الثالث وحتى نهاية القرن الخامس / كتب فريدجوف نانسن، أبحر إرولي المتجول من إسكندنافيا، أحيانًا بصحبة قراصنة سكسونيين، فوق بحار أوروبا الغربية ، مدمرًا سواحل بلاد الغال وإسبانيا ، وفي الواقع توغلوا عام ٤٥٥ في البحر الأبيض المتوسط حتى لوكا في إيطاليا / في وقت مبكر من القرن السادس ، لا بد أن الفايكنج قد عبروا بحر الشمال إلى أرض الفرنجة ، وربما إلى جنوب بريطانيا. ربما يكونون قد استقروا في شتلاند بحلول بداية القرن السابع، ونهبوا رحلات هيبو وأيرلندا الشمالية الغربية في نفس الوقت تقريبًا. بعد ذلك أبحروا إلى جزر فارو وأيسلندا. في الربع الأخير من القرن العاشر، أسسوا مستعمرتين في جرينلاند، وبعد ذلك بوقت قصير توجهوا عبر مياه المحيط الأطلسي المتداخلة إلى أمريكا الشمالية. من مكان هذه الرحلات في التاريخ يكتب نانسن:

يمثل بناء السفن والملاحة البحرية للنرويجيين حقبة جديدة في تاريخ كل من الملاحة والاكتشاف، ومع رحلاتهم، تغيرت معرفة الأراضي والمياه الشمالية تمامًا ... نجد روايات عن رحلات الاستكشاف هذه في الكتابات والملاحم القديمة، والتي تمت كتابة جزء كبير منها في أيسلندا. يمر تيار خفي كئيب عبر هذه الروايات عن الرحلات في بحار غير معروفة – الصراع الصامت بين الرجال الجريئين مع الجليد والعواصف والبرد والعوز.

لم يكن لديهم بوصلة ولا أدوات فلكية ولا أي من أجهزة عصرنا للعثور على موقعهم في البحر؛ لم يتمكنوا من الإبحار إلا بالشمس والقمر والنجوم، ويبدو أنه من غير المفهوم كيف تمكنوا لأيام وأسابيع، عندما كانت هذه الأشياء غير مرئية، من العثور على مسارهم من خلال الضباب وسوء الأحوال الجوية؛ لكنهم عثروا عليه، وفي المركب المفتوح للفايكنج النرويجيين، بأشرعتهم المربعة، تحركوا شمالًا وغربًا فوق المحيط بأكمله، من نوفايا زيمليا وسبيتسبيرجن

إلى جرينلاند، وخليج بافين ، ونيوفاوندلاند ، وأمريكا الشمالية. ... لم يكن إلا بعد خمسمائة عام أن تشق سفن الدول الأخرى طريقها إلى نفس المناطق.

لكن الشائعات الغامضة عن أي من هذه الأشياء فقط وصلت إلى "العالم المتحضر" للبحر الأبيض المتوسط. بينما كانت ملاحم النورسمان تعطي توجيهات واضحة وواقعية للمرور عبر المحيطات، من عوالم معروفة إلى عوالم غير معروفة، تعاملت كتابات علماء العصور الوسطى مع المحيط الخارجي المحيط، بحر الظلام الرهيب. في حوالي عام ١١٥٤، كتب الجغرافي العربي المعروف إدريسي لملك صقلية النورماندي، روجر الثاني، وصفًا للأرض، مصحوبًا بـ ٧٠ خريطة، تصور على السطح الخارجي لكل الأرض المعروفة البحر الأسود، وتشكل حدود العالمية. كتب عن البحر عن الجزر البريطانية أنه "من المستحيل اختراق هذا المحيط لمسافات بعيدة جدًّا". ألمح إلى وجود جزر بعيدة لكنه اعتقد أن الاقتراب منها صعب بسبب "الضباب والظلام العميق الذي يسود هذا المحيط". البحر. 'كان الباحث آدم بريمن، الذي كتب في القرن الحادي عشر، على علم بوجود جرينلاند ووينلاند كجزيرتين بعيدتين في المحيط العظيم، لكنه لم يستطع فصل الواقع عن الأفكار القديمة لذلك البحر،' لانهائية وخائفة من هوذا، الذي يشمل العالم بأسره، "هذا المحيط يتدفق إلى ما لا نهاية حول دائرة الأرض." وحتى نورسمان أنفسهم، كما اكتشفوا الأراضي عبر المحيط الأطلسي، يبدو أنهم دفعوا حدود المكان الذي لا يزال هناك بدأ ذلك المحيط الخارجي، لأن فكرة المحيط الخارجي المحيط بقرص الأرض تظهر في السجلات الشمالية مثل مرآة الملوك وHeimskringla. وهكذا فوق ذلك المحيط الغربي الذي انطلق فيه كولومبوس ورجاله هناك لا تزال معلقة أسطورة البحر الميت والراكد، والوحوش والأعشاب التي تحاصرهم، والضباب والكآبة والخطر الدائم.

ومع ذلك، قبل قرون من كولومبوس – لا أحد يعرف عدد القرون – كان الرجال على الجانب الآخر من العالم قد وضعوا جانباً أي مخاوف قد تكون قد ألهمت من المحيط وأبحروا بجرأة بمراكبتهم عبر المحيط الهادئ. نحن لا نعرف سوى القليل عن المصاعب والصعوبات والمخاوف التي قد تكون عصفت بالمستعمرين البولينيزيين – نحن نعلم فقط أنهم جاءوا بطريقة ما من البر الرئيس إلى تلك الجزر، بعيدًا عن أي شاطئ. ربما كان جانب مياه المحيط الهادئ المركزي هذا أكثر لطفًا من جانب شمال الأطلسي – لا بد أنه كان كذلك – لأنهم في زوارقهم المفتوحة أوكلوا أنفسهم إلى النجوم ومعالم البحر ووجدوا طريقهم من جزيرة إلى أخرى.

لا نعرف متى تمت الرحلات البولينيزية الأولى. فيما يتعلق بالرحلة اللاحقة، هناك بعض الأدلة على أن آخر رحلة استعمارية مهمة إلى جزر هاواي تمت في القرن الثالث عشر، وأن أسطولًا من تاهيتي استعمر نيوزيلندا بأسلوب دائم في منتصف القرن الرابع عشر. ولكن مرة أخرى، كانت كل هذه الأشياء غير معروفة في أوروبا، وبعد فترة طويلة من إتقان البولينيزيين للإبحار في البحار المجهولة، ما زال البحارة الأوروبيون يعتبرون أعمدة هرقل بوابة إلى بحر الظلام المخيف.

بمجرد أن أظهر كولومبوس الطريق إلى جزر الهند الغربية والأمريكتين، بمجرد أن رأى بالبوا المحيط الهادئ وأبحر ماجلان حول العالم، ظهرت فكرتان جديدتان واستمرتا لفترة طويلة. يتعلق أحدهما بوجود ممر شمالي عن طريق البحر إلى آسيا؛ كان الآخر يتعلق بقارة جنوبية كبيرة يعتقد عمومًا أنها تقع أسفل الأراضي المعروفة آنذاك.

ماجلان، أثناء إبحاره عبر المضيق الذي يحمل اسمه الآن، رأى أرضًا إلى الجنوب منه خلال السبعة والثلاثين يومًا اللازمة للمرور عبر المضيق. توهجت أضواء العديد من الحرائق

في الليل من شواطئ هذه الأرض، والتي أطلق عليها ماجلان اسم تييرا ديل فويغو – أرض الحرائق. لقد افترض أن هذه كانت الشواطئ القريبة لتلك الأرض العظيمة التي قرر الجغرافيون النظريون بالفعل أنها يجب أن تقع في الجنوب.

أبلغ العديد من المسافرين بعد ماجلان عن أرض افترضوا أنها مناطق نائية من القارة المرغوبة، لكن ثبت أنهم جميعًا جزر. تم وصف مواقع البعض، مثل Bouvet، إلى أجل غير مسمى لدرجة أنه تم العثور عليها وفقدها مرة أخرى عدة مرات قبل أن يتم تثبيتها بالتأكيد على الخرائط. كان كيرجولين يعتقد اعتقادًا راسخًا أن الأرض القاتمة والمحرمة التي اكتشفها عام ١٧٧٢ كانت القارة الجنوبية، ولذلك أبلغها للحكومة الفرنسية. عندما علم، في رحلة لاحقة، أنه وجد جزيرة أخرى فقط، أطلق عليها كيرجولين اسمًا حزينًا "جزيرة الخراب / لكن الجغرافيين اللاحقين أعطوا اسمه الخاص بها.

كان اكتشاف الأرض الجنوبية أحد أهداف رحلات الكابتن كوك، ولكن بدلًا عن القارة، اكتشف المحيط. من خلال الإبحار شبه الكامل للكرة الأرضية في خطوط العرض الجنوبية المرتفعة، كشف كوك عن وجود محيط عاصف يدور تمامًا حول الأرض جنوب إفريقيا وأستراليا وأمريكا الجنوبية. ربما كان يعتقد أن مجموعة جزر ساوث ساندويتش كانت جزءًا من البر الرئيس للقارة القطبية الجنوبية، ولكن ليس من المؤكد بأي حال من الأحوال أنه كان أول من رأى هذه الجزر أو غيرها من جزر المحيط المتجمد الجنوبي. من المحتمل جدًّا أن صانعات الفقمة الأمريكية كانت موجودة قبله، لكن هذا الفصل من استكشاف القارة القطبية الجنوبية يحتوي على العديد من الصفحات الفارغة. لم يرغب صانعو الفقمة اليانكيون في أن يجد منافسوهم أماكن الفقمات الغنية، وأبقوا تفاصيل رحلاتهم سرية. من الواضح أنهم عملوا بالقرب من جزر أنتاركتيكا الخارجية لسنوات عديدة قبل بداية القرن التاسع عشر، لأن معظم

فقمات الفراء في هذه المياه قد تم القضاء عليها بحلول عام ١٨٢٠. وفي هذا العام، شوهدت القارة القطبية الجنوبية لأول مرة بالمر قائد البطل، واحد من أسطول مكون من ثمانية صدادات من موانئ كونيتيكت. بعد قرن من الزمان، كان المستكشفون لا يزالون يقومون باكتشافات جديدة حول طبيعة تلك القارة الجنوبية، التي كان يحلم بها الجغرافيون القدامى، حيث بحثوا طويلًا عن الأسطورة، ثم وصفوها بأنها أسطورة، وأخيرًا تم تأسيسها كواحدة من أعظم الكتل القارية للأرض.

وفي الوقت نفسه، في القطب المقابل، كان حلم الممر الشمالي إلى ثروات آسيا يجذب رحلة استكشافية تلو الأخرى إلى البحار المتجمدة في الشمال. سعى كابوت وفروبيشر وديفيز إلى الممر إلى الشمال الغربي وفشلوا وعادوا إلى الوراء. ترك طاقم متمرد هدسون ليموت في قارب مفتوح. انطلق السير جون فرانكلين مع Erebus and Terror في عام ١٨٤٥، ويبدو أنه دخل متاهة جزر القطب الشمالي من خلال ما ثبت لاحقًا أنه طريق ممكن، لكنه فقد سفنه وهلك مع جميع رجاله. اجتمعت سفن الإنقاذ اللاحقة القادمة من الشرق والغرب في ميلفيل ساوند، وبالتالي تم إنشاء الممر الشمالي الغربي.

في هذه الأثناء كانت هناك جهود متكررة لإيجاد طريق إلى الهند من خلال الإبحار شرقا عبر البحر المتجمد الشمالي. يبدو أن النرويجيين اصطادوا حيوانات الفظ في البحر الأبيض، وربما وصلوا إلى سواحل نوفايا زيمليا بحلول زمن أوتار. ربما اكتشفوا Spitsbergen في عام ١١٩٤، على الرغم من أن هذا يرجع عادةً إلى Barents في عام ١٥٩٦. كان الروس قد اصطادوا الفقمة في البحار القطبية في وقت مبكر من القرن السادس عشر، وبدأ صيادو الحيتان في العمل خارج Spitsbergen بعد وقت قصير. في عام ١٦٠٧، لفت الانتباه إلى العدد الكبير من الحيتان في البحر بين سبيتسبيرجن وجرينلاند. لذلك، على الأقل، كانت عتبة المحيط

الشمالي المليء بالجليد معروفة عندما بدأ التجار البريطانيون والهولنديون محاولتهم اليائسة لإيجاد طريق بحري شمال أوروبا وآسيا. كانت هناك محاولات عديدة، لكن القليل منها تجاوز سواحل نوفايا زمليا؛ تميز القرنان السادس عشر والسابع عشر بحطام الآمال وكذلك السفن، ووفاة ملاحين لامعين مثل ويليام بارنتس في ظل المصاعب التي واجهتها الرحلات الاستكشافية التي لم تكن مستعدة لفصول الشتاء في القطب الشمالي. أخيرًا تم التخلي عن الجهد. لم يكن حتى عام ١٨٧٩ ، بعد أن اختفت الحاجة العملية لمثل هذا الممر إلى حد كبير، مر بارون نوردنسكيولد ، في فيجا السويدية ، من غوتنبرغ إلى مضيق بيرينغ.

لذلك، شيئًا فشيئًا، من خلال العديد من الرحلات التي تمت على مدى قرون عديدة، تم إزالة الضباب والغموض المخيف للمجهول من كل سطح بحر الظلام. كيف حققوا ذلك – هؤلاء الرحالة الأوائل، الذين لم يكن لديهم حتى أبسط أدوات الملاحة، والذين لم يروا أبدًا مخططًا بحريًا، والذين كانت المعجزات الحديثة للوران والرادار والصوت خيالات لا يمكن تصديقها؟ من كان أول رجل استخدم بوصلة ملاح، وماذا كانت البدايات الجنينية للمخططات واتجاهات الإبحار التي تم اعتبارها كأمر مسلم به اليوم؟ لا يمكن الإجابة على أي من هذه الأسئلة بأسلوب نهائي؛ نحن نعرف ما يكفي فقط لنريد معرفة المزيد.

من بين أساليب هؤلاء البحارة السريين الفينيقيين، لا يمكننا حتى التخمين. لدينا المزيد من الأسس للتخمين حول البولينيزيين، حيث يمكننا دراسة أحفادهم اليوم، وأولئك الذين فعلوا ذلك يجدون تلميحات عن الأساليب التي قادت المستعمرين القدامى للمحيط الهادئ إلى مسارهم من جزيرة إلى أخرى. بالتأكيد يبدو أنهم اتبعوا النجوم التي اشتعلت في السماء فوق تلك المناطق الهادئة في المحيط الهادئ، والتي لا تشبه البحار الشمالية العاصفة والضبابية. اعتبر البولينيزيون النجوم على أنها شرائط ضوئية متحركة تمر عبر حفرة السماء المقلوبة،

وأبحروا باتجاه النجوم التي كانوا يعرفون أنها مرت فوق الجزر التي يقصدونها. لقد فهموا كل لغة البحر: الألوان المتغيرة للمياه، وضباب الأمواج المتكسر على الصخور حتى الآن تحت الأفق، وبقع السحب التي تتدلى فوق كل جزيرة من جزر البحار الاستوائية ويبدو أنها تعكس أحيانًا لون بحيرة داخل جزيرة مرجانية.

يعتقد طلاب الملاحة البدائية أن هجرات الطيور كان لها معنى بالنسبة للبولينيزيين، وأنهم تعلموا الكثير من مشاهدة القطعان التي تتجمع كل عام في الربيع والخريف، وتنطلق فوق المحيط، ثم تعود فيما بعد من الفراغ الذي فيه. لقد اختفوا. يعتقد هارولد جاتي أن سكان هاواي ربما وجدوا جزرهم باتباع الهجرة الربيعية للزقزاق الذهبي من تاهيتي إلى سلسلة هاواي، حيث عادت الطيور إلى البر الرئيس لأمريكا الشمالية. وقد اقترح أيضًا أن مسار هجرة الوقواق اللامع ربما يكون قد أرشد المستعمرين الآخرين من جزر سليمان إلى نيوزيلندا.

تخبرنا التقاليد والسجلات المكتوبة أن الملاحين البدائيين غالبًا ما كانوا يحملون معهم طيورًا يطلقونها ويتبعونها إلى اليابسة. كان طائر الفرقاطة أو طائر رجل الحرب هو طائر البولينيزيين الساحلي (حتى في الآونة الأخيرة تم استخدامه لنقل الرسائل بين الجزر)، وفي Norse Sagas لدينا سرد لاستخدام الملاذات من قبل Floki فالغاردسون ليريه الطريق إلى أيسلندا، "بما أن الرجال الذين يمارسون الملاحة البحرية لم يكن لديهم حجر تحميل في ذلك الوقت في الشمال ... ومن هناك أبحر إلى البحر مع الغربان الثلاثة ... وعندما أطلق سراحه طار أولًا إلى الخلف. طار الثاني في الهواء والعودة إلى سفينة. طار الثالث إلى الأمام فوق المقدمة، حيث وجدوا الأرض.

في طقس كثيف وضبابي، وفقًا لتصريحات متكررة في Sagas، انجرف النورمان لعدة أيام دون أن يعرفوا مكانهم. ثم كان عليهم في كثير من الأحيان الاعتماد على مراقبة تحليق

الطيور للحكم على اتجاه الأرض. يقول Landnamabok أنه في الطريق من النرويج إلى جرينلاند، يجب أن يبقى المسافر بعيدًا بما يكفي إلى جنوب أيسلندا ليجد الطيور والحيتان من هناك. في المياه الضحلة، يبدو أن رجال الإسكندنافية أخذوا نوعًا من السبر، بالنسبة لسجلات هيستوريا النرويجية التي عثر فيها إنجولف وهجورليف على أيسلندا 'عن طريق فحص الأمواج باستخدام الرصاص.

إن أول ذكر لاستخدام الإبرة المغناطيسية كدليل للبحارة حدث في القرن الثاني عشر بعد المسيح، ولكن بعد قرن من الزمان كان العلماء يعبرون عن شكهم في أن البحارة سيعهدون بحياتهم إلى آلة اخترعها الشيطان بأسلوب واضح. ومع ذلك، هناك أدلة معقولة على أن البوصلة كانت قيد الاستخدام في البحر الأبيض المتوسط في نهاية القرن الثاني عشر، وفي شمال أوروبا خلال المائة عام التالية.

للتنقل في البحار المعروفة، كان هناك ما يعادل اتجاهات الإبحار الحديثة لدينا لقرون عديدة قبل ذلك. وجه كل من بورتولانو وبيريبلي بحارة العصور القديمة حول البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود. كانت البورتولانو عبارة عن مخططات للعثور على الموانئ، مصممة لمرافقة طيارين الساحل أو بيريبلي، ولا يُعرف أيهما تم تطويره أولاً. إن Periplus of Scylax هو أقدم وأكمل طيارين الساحل القدامى الذين نجوا من مخاطر القرون الفاصلة وتم الحفاظ عليهم لنا. لم يعد الرسم البياني الذي يرافقه على الأرجح موجودًا، لكنهما كانا، في الواقع، دليلًا للملاحة في البحر الأبيض المتوسط في القرن الرابع أو الخامس قبل الميلاد، ويُطلق على المحيط المسمى Stadiasmus.

يعود تاريخ البحر الكبير إلى حوالي القرن الخامس بعد المسيح، لكنه يقرأ بأسلوب مدهش مثل الطيار الحديث، حيث يعطي المسافات بين النقاط، والرياح التي يمكن من خلالها

الاقتراب من الجزر المختلفة، ومرافق الإرساء أو للحصول على المياه العذبة. على سبيل المثال، نقرأ، "من Hermaea إلى Leuce Acte، يوجد ٢٠ ملعبًا هنا جزيرة منخفضة على مسافة اثنين من الملاعب من الأرض، وهناك مرسى لقوارب الشحن، ليتم وضعها مع الرياح الغربية؛ ولكن على الشاطئ أسفل الرعن يوجد طريق رسو عريض لجميع أنواع السفن. معبد أبولو، أوراكل الشهير؛ بجانب المعبد يوجد ماء.

يقول لويد براون، في كتابه قصة الخرائط، إنه لا يوجد مخطط بحارة حقيقيين للألف سنة الأولى بعد المسيح أو من المعروف أنه كان موجودًا. ويعزو هذا إلى حقيقة أن البحارة الأوائل كانوا يحرسون بعناية أسرار كيفية عبورهم من مكان إلى آخر؛ أن المخططات البحرية كانت "مفاتيح الإمبراطورية" و "وسيلة للثروة" وعلى هذا النحو كانت وثائق سرية مخفية. لذلك، نظرًا لأن أقدم عينة من هذا الرسم البياني الموجودة الآن تم وضعها بواسطة Petrus Vesconte في عام ١٣١١ لا يعني ذلك أن العديد منها لم يكن موجودًا قبله.

كان هولنديًا هو من أنتج المجموعة الأولى من المخططات الملاحية المجمعة معًا في شكل كتاب – لوكاس يانش واغينير. غطت Mariner s Mirror of Waghenaer، التي نُشرت لأول مرة في عام ١٥٨٤، الملاحة في الساحل الغربي لأوروبا من Zuyder Zee إلى Cadiz. سرعان ما تم إصداره بعدة لغات. لسنوات عديدة، قام Waggoners بإرشاد الملاحين الهولنديين والإنجليز والإسكندنافيين والألمان عبر مياه المحيط الأطلسي الشرقية، من جزر الكناري إلى Spitsbergen، لأن الإصدارات اللاحقة قد وسعت المناطق المغطاة لتشمل جزر شتلاند وفارو وحتى الساحل الشمالي لروسيا مثل بقدر نوفايا زمليا.

في القرنين السادس عشر والسابع عشر، في ظل حافز المنافسة الشرسة على ثروة جزر الهند الشرقية، لم تُعِدّ الوكالات الحكومية أفضل الرسوم البيانية، ولكن أعدتها الشركات

الخاصة. استخدمت شركات الهند الشرقية رسامي الهيدروغرافيا الخاصين بها، وأعدوا أطالس سرية، وحرسوا عمومًا معرفتهم بالممرات الشراعية إلى الشرق باعتبارها واحدة من أثمن أسرار تجارتهم. ولكن في عام ١٧٩٥، أصبح ألكسندر دالريمبل، الخبير الهيدروغرافي التابع لشركة الهند الشرقية، رسامًا مائيًا رسميًا للأميرالية، وتحت إشرافه، بدأت الأميرالية البريطانية مسحها لسواحل العالم التي انطلق منها الطيارون الأميرالية الحديثون.

بعد ذلك بوقت قصير انضم شاب إلى البحرية الأمريكية - ماثيو فونتين موري. في غضون سنوات قليلة فقط كان للملازم موري تأثيره على الملاحة في جميع أنحاء العالم، وكان من المقرر أن يكتب كتابًا، الجغرافيا الفيزيائية للبحر، والذي يعتبر الآن أساس علم المحيطات. بعد عدة سنوات في البحر، تولى موري مسئولية مستودع الرسوم البيانية والأدوات - رائد المكتب الهيدروغرافي الحالي - وبدأ دراسة عملية للرياح والتيارات من وجهة نظر الملاح. بفضل طاقته ومبادرته، تم تنظيم نظام تعاوني عالمي. أرسل ضباط السفن من جميع الدول سجلات رحلاتهم، والتي جمع موري المعلومات منها ونظمها، والتي أدرجها في المخططات الملاحية. في المقابل، تلقى الملاح المتعاون نسخًا من الرسوم البيانية. سرعان ما جذبت اتجاهات إبحار موري الانتباه العالمي: فقد اختصر مرور السفن الأمريكية الواقعة على الساحل الشرقي إلى ريو دي جانيرو لمدة ١٠ أيام، وإلى أستراليا لمدة ٢٠ يومًا، وحول القرن إلى كاليفورنيا بمقدار ٣٠ يومًا. لا يزال التبادل التعاوني للمعلومات برعاية موري ساري المفعول حتى اليوم، وتحمل الرسوم البيانية التجريبية للمكتب الهيدروغرافي، المنحدرين من مخططات موري، النقش: ملازم في البحرية الأمريكية.

في اتجاهات الإبحار والطيارين الساحليين الحديثة الصادرة الآن عن كل دولة بحرية في العالم، نجد المعلومات الأكثر اكتمالاً المتوفرة لتوجيه الملاح فوق المحيط. ومع ذلك، في كتابات

البحر هذه، هناك مزيج ممتع من الحداثة والعصور القديمة، مع لمسات لا لبس فيها يمكننا من خلالها تتبع نسبهم إلى اتجاهات الإبحار في الملاحم أو بيريبلي بحارة البحر الأبيض المتوسط القدامى.

من المدهش، ولكن اللطيف، أن اتجاهات الإبحار من نفس الطراز القديم يجب أن تحتوي على تعليمات للحصول على موقع باستخدام لوران، ويجب أيضًا أن تنصح الملاح بأن يتم توجيهه، مثل نورسمان منذ ألف عام، من خلال طيران الطيور وسلوك الحيتان في صنع الأرض في طقس ضبابي. نقرأ في دليل النرويج ما يلي:

[من جزيرة جان ماين] إن وجود الطيور البحرية بأعداد كبيرة سيعطي مؤشرا على الاقتراب من اليابسة، وقد يكون ضجيج مستنقعاتهم مفيدًا في تحديد موقع الشاطئ.

[جزيرة بير] يعج البحر المحيط بالجزر بالغلموت. هذه القطعان واتجاه تحليقها عند الاقتراب، بالإضافة إلى استخدام الرصاص، لها قيمة كبيرة في جعل الجزيرة عندما تكون ضبابية.

ويقول طيار الولايات المتحدة الحديث للغاية لأنتاركتيكا:

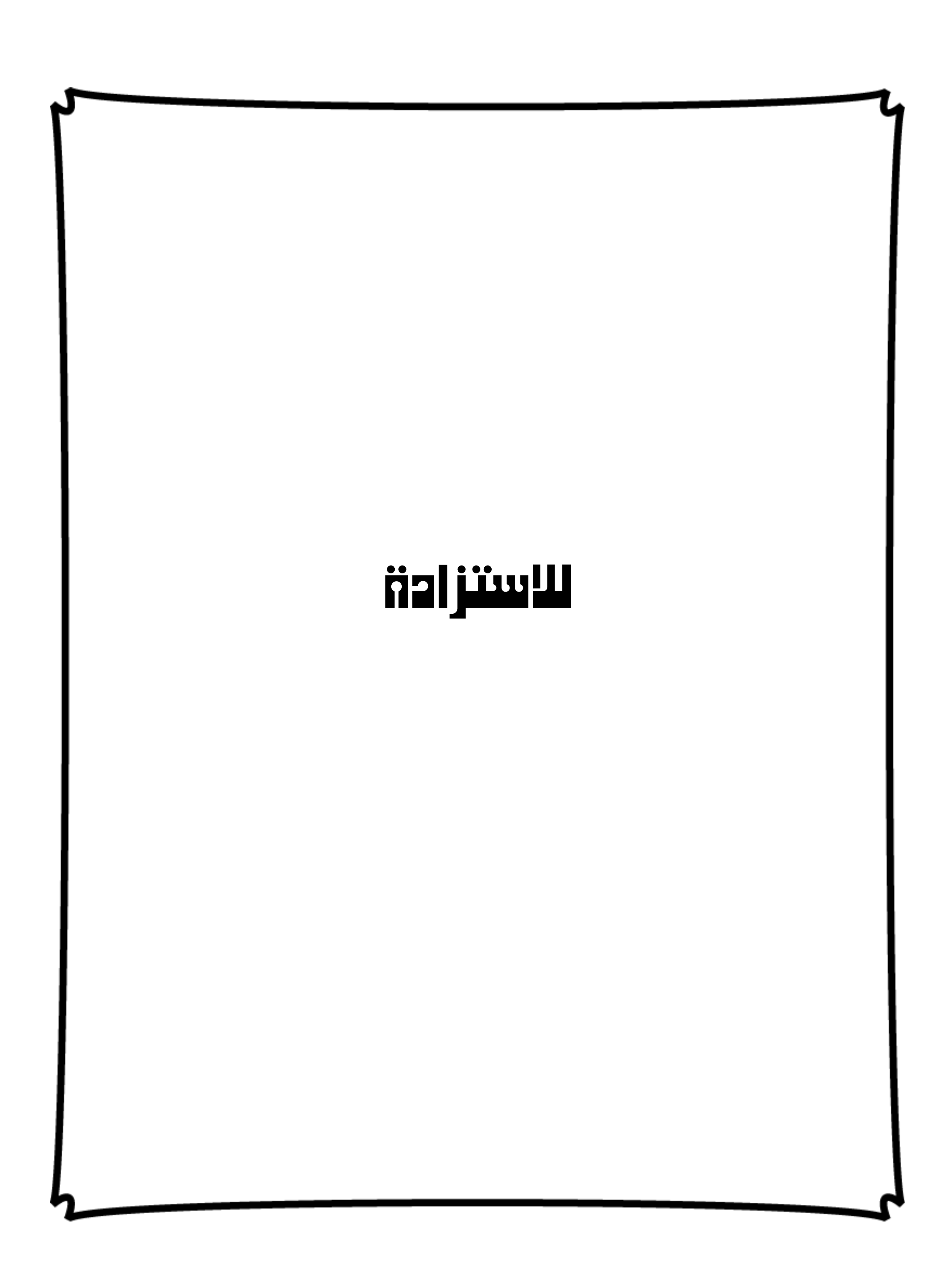
يجب أن يراقب الملاحون حياة الطيور، حيث يمكن غالبًا استخلاص استقطاعات من وجود أنواع معينة. Shags هي ... علامة أكيدة على قرب الأرض ... طائر النوء مرتبط دائمًا بالجليد وهو ذو أهمية كبيرة للبحارة باعتباره نذيرًا لظروف الجليد في مسارهم ... عادة ما تتحرك الحيتان في اتجاه المياه المفتوحة.

في بعض الأحيان، يمكن للطيارين في المناطق النائية من البحر الإبلاغ فقط عما قاله صيادو الحيتان أو صائدو الفقمة أو بعض الصيادين القدامى حول إمكانية الملاحة في قناة أو

مجموعة تيارات المد والجزر؛ أو يجب أن تتضمن مخططًا أعدته السفينة الأخيرة قبل نصف قرن لأخذ السبر في المنطقة. في كثير من الأحيان يجب عليهم تحذير الملاح من المضي قدمًا دون البحث عن معلومات من أولئك الذين لديهم معرفة محلية. في عبارات مثل هذه، نشعر بالمجهول والغامض الذي لا يفصل نفسه تمامًا عن البحر: (يقال إنه كانت هناك جزيرة ذات يوم ... مثل هذه المعلومات التي يمكن تأمينها من تقارير رجال لديهم معرفة محلية ... موقفهم متنازع عليه ... بنك أبلغ عنه عامل سداد قديم).

هنا وهناك، في عدد قليل من الأماكن البعيدة، ظلمة العصور القديمة لا تزال باقية على سطح المياه. ولكن يتم تبديده بسرعة ويعرف معظم طول وعرض المحيط؛ فقط بالتفكير في البعد الثالث يمكننا تطبيق مفهوم بحر الظلام. استغرق رسم سطح البحر قرونًا. يبدو أن تقدمنا في تحديد العالم غير المرئي تحته سريع للغاية. ولكن حتى مع وجود جميع أدواتنا الحديثة لفحص أعماق المحيطات وأخذ عينات منها، لا يمكن لأحد الآن أن يقول إننا سنحل آخر ألغاز البحر.

في معناه الأوسع، يبقى هذا المفهوم الآخر للقدماء. لأن البحر كله عنا. تجارة جميع الأراضي يجب أن تعبرها. كانت الرياح التي تتحرك فوق الأرض مهددة على امتدادها الواسع وتسعى دائمًا للعودة إليها. تتحلل القارات نفسها وتنتقل إلى البحر، في حبوب تلو الأخرى من الأرض المتآكلة. لذا فإن الأمطار التي ارتفعت منه تعود مرة أخرى في الأنهار. في ماضيه الغامض، يشمل كل أصول الحياة القاتمة ويتلقى في النهاية، بعد، قد يكون، العديد من التحولات، قشور ميتة لتلك الحياة نفسها. على الإطلاق العودة إلى البحر – إلى Oceanus، نهر المحيط، مثل تيار الزمن المتدفق باستمرار، البداية والنهاية.



للاستزادة

General Information About the Ocean and Its Life

Bigelow, Henry B. and Edmonson, W. T. Wind Waves at Sea, Breakers and Surf, U.S. Navy, Hydrographic Office Pub. no. 602, Washington, U.S. Government Printing Office, 1947. 177 pp. Extremely readable; full of interesting and practical information about waves at sea and along coasts.

Johnson, Douglas W. Shore Processes and Shoreline Development. New York, John Wiley and Sons, 1919. 584 pp. Primarily for geologists and engineers concerned with shoreline changes, yet the chapter, The Work of Waves, is unmatched for sheer interest. Out of print.

Manner, H. A. The Tide. New York, D. Appleton and Co., 1926. 282 pp. In this book, the late outstanding American authority on tidal phenomena explains the complex behaviour of the tides. Out of print.

Maury, Matthew Fontaine. Physical Geography of the Sea. New York, Harper and Brothers, 1855. 287 pp. Marks the foundation of the science of oceanography, as the first book to consider the sea as a dynamic whole. Out of print.

Murray, Sir John, and Hjort, Johan. The Depths of the Ocean. London, Macmillan, 1912. 822 pp. Based chiefly on the work of the Norwegian research vessel Michael Sars in the North Atlantic, this work was for many years the bible of oceanography. It is now out of print and copies are rare.

Ommaney, F. D. The Ocean. London, Oxford University Press, 1949. 238 pp. A thoughtful and pleasantly written account of the ocean and its life, for the general reader.

Russell, F. S. and Yonge, C. M. The Seas. London, Frederick Warne and Co., 1928. 379 pp. Written chiefly from the biological point of view; this is one of the best general treatments of the subject.

Sverdrup, H. U., Fleming, Richard, and Johnson, Martin W. The Oceans. New York, Prentice-Hall, Inc., 1942. 1087 pp. The standard modern textbook of oceanography.

Sea Life in Relation to Its Surroundings

Hardy, Alister the Open Sea. Part I, The World of Plankton. Boston

Houghton Mifflin Co., 1956, 335 PP- Part II, Fish and Fisheries

Boston, Houghton Mifflin Co., 1959. 322 pp. A two-part study of marine biology, describing first the little-known creatures of the true sea world beyond the coastal areas, and then the fishes that depend on them.

Hesse, Richard Allee, W. C., and Schmidt, Karl P. Ecological Animal Geography. New York, John Wiley and Sons (2nd Ed., 1951). cq7 pp. This is an excellent source of information on the intricate relations of living things to their environment, with profuse references to source material. About a fourth of the book is concerned with marine animals.

Muyhy, Robert Cushman. Oceanic Birds of South America. New York Macmillan 1948. 1245 PP- 2 vols. (originally issued by American Museum of Natural History, 1936). Highly recommended for an understanding of the relation of birds to the sea and of marine organisms to their environment. It describes little-known shores and islands in extremely readable prose, and contains an extensive bibliography. Out of print. 6

Wallace, Alfred Russell. Island Life. London, Macmillan, 1880 326 pp

Deais in interesting fashion with the basic biology of island life Out of print.

Exploration and Discovery

Babcock, William H. Legendary Islands of the Atlantic; a study in medieval geography. New York, American Geographical Society, 1922. 385 pp. Deals with early exploration of the sea and the search for distant lands. Out of print.

Beebe, William. Half Mile Down. New York, Harcourt Brace, 1934. 344 PP- Stands alone as a vivid eyewitness account of the sea half a mile below the surface.

Brown, Lloyd A. The Story of Maps. Boston, Little, Brown, 1940. 39^7 pp. Contains, especially in the chapter, The Haven Finding Art, much of interest about early voyages.

Challenger Staff. Report on the Scientific Results of the Exploring Voy¬ age of H. M. S. Challenger, 1873-76. 40 vols. See especially volume 1, parts 1 and 2—Narrative of the Cruise-which gives an interesting account of this historic expedition. Consult in libraries.

Cousteau, Jacques-Yves and Frederic Dumas. The Silent World. New York, Harper and Brothers, 1953. 288 pp. A fascinating book in which the reader shares Cousteau s long and remarkable experience undersea.

Darwin, Charles. The Diary of the Voyage of H. M. S. Beagle. Edited from the manuscript by Nora Barlow. Cambridge, Cambridge University Press, 1934. 451 pp. A fresh and charming account, as Darwin actually set it down in the course of the Beagle voyage.

Dugan, James. Man Under the Sea. New York, Harper and Brothers, 1956. 332 pp. An interesting and useful account of man's explorations undersea during the past 5000 years.

Heyerdahl, Thor. Kon-Tiki. Chicago, Rand McNally & Co., 1950. 304 pp. The Odyssey of six modern Vikings who crossed the Pacific on a primitive raft—one of the great books of the sea.

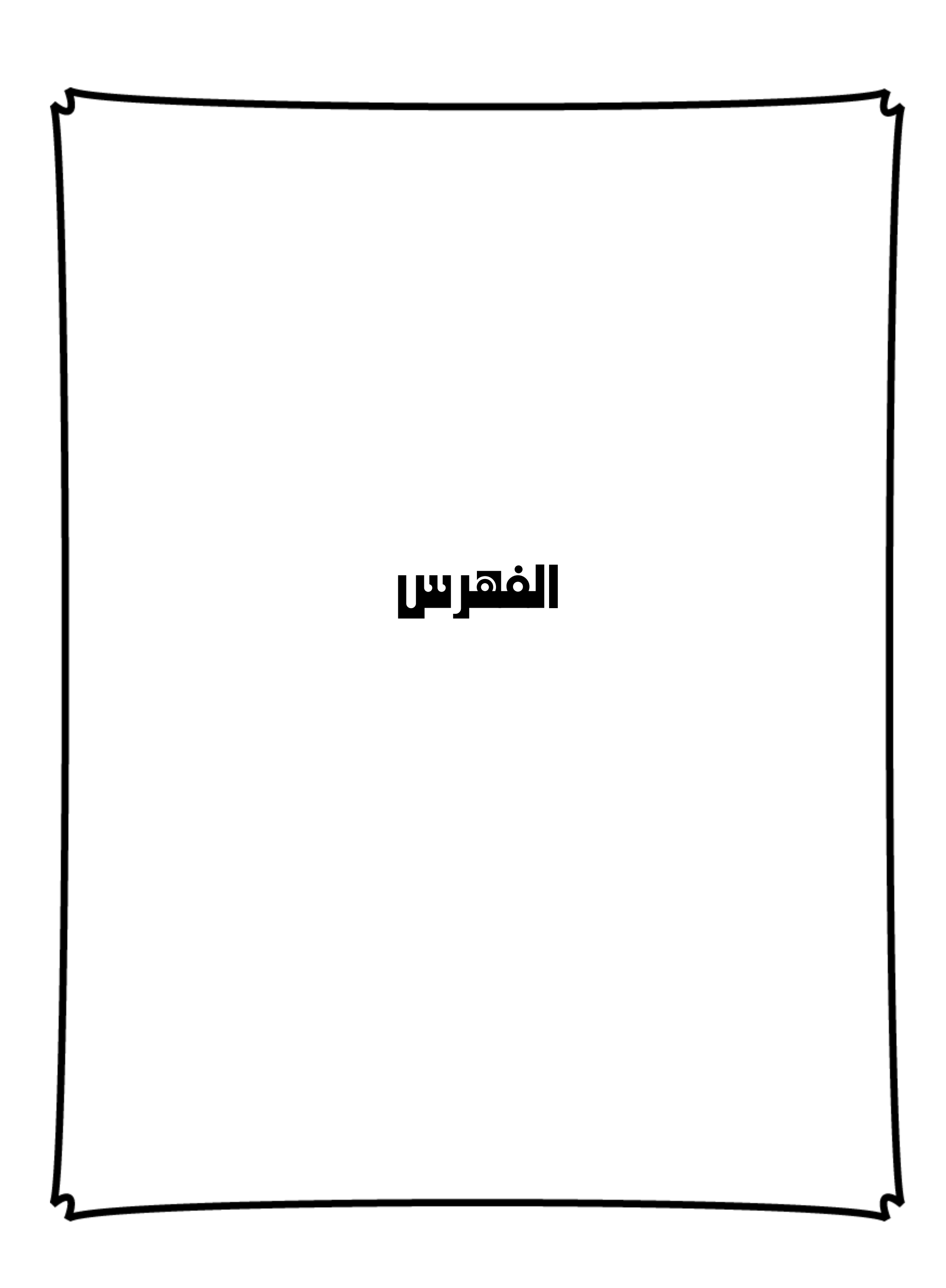
History of Earth and Sea

Brooks, C. E. P. Climate Through the Ages. New York, McGraw-Hill, 1949. 395 pp. Interprets clearly and readably the climatic changes of past ages. Out of print.

Coleman, A. P. Ice Ages, Recent and Ancient. New York, Macmillan, 1926. 296 pp. An account of Pleistocene glaciation, and also of earlier glacial epochs. Out of print.

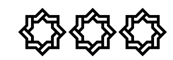
Daly, Reginald. The Changing World of the Ice Age. New Haven, Yale University Press, 1934. 271 pp. A fresh, stimulating, and vigorous treatment of the subject, more easily read, however, against some back¬ ground of geology. Out of print.

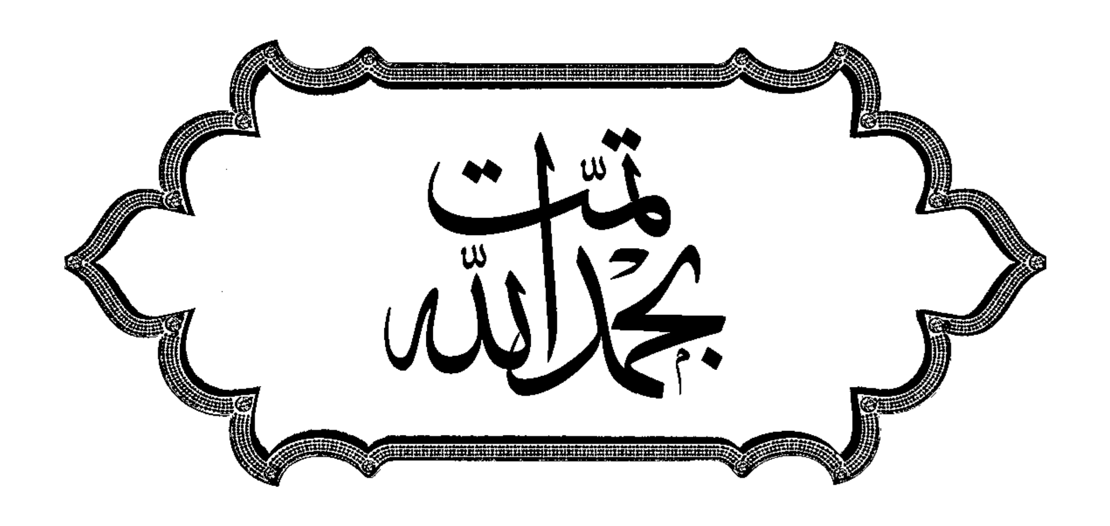
Our Mobile Earth. New York, Charles Scribner’s Sons, 1926. 342 pp. For the general reader; an excellent picture of the earth's continuing development. Out of print.



الفهرس

الباب الثالث: الإنسان والبحر من حوله




تمت بحمد الله